



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NAVRŽENÍ POVLAKOVANÝCH NÁSTROJŮ PRO TECHNOLOGII SOUSTRUŽENÍ SOUČÁSTI "PŘÍRUBA"

TURNING TECHNOLOGY SOLUTION PARTS "FLANGE" WITH COATED
CUTTING TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Radek MARŠÁLEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Maršálek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Navržení povlakovaných nástrojů pro technologii soustružení součásti "příruba"

v anglickém jazyce:

Turning technology solution parts "flange" with coated cutting tools

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Povlakování řezných nástrojů.
2. Rozbor součásti "příruba".
3. Návrh procesu soustružení se začleněním CNC stroje.
4. Sestavení NC programu.
5. Ověření NC programu.
6. Technicko-ekonomické zhodnocení.
7. Diskuze, závěr.

Cíle bakalářské práce:

Znalost povlakovaných nástrojů současné světové produkce, jejich využití při soustružení. Sestavení řídicího programu CNC stroje a jeho ověření. Zhodnocení dílčích etap řešení.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. 272 s. ISBN 80-214-3068-0.
3. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
4. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
5. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
6. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 5.2.2014

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce pojednává o využití povlakovaných nástrojů při výrobě součásti „příruba“ na CNC soustruhu. V první části je uvedena podstata povlakování nástrojů a přehled nabízených povlakovaných nástrojů pro soustružení od známých světových výrobců. Dále je řešeno posouzení technologičnosti vyráběné součásti, návrh polotovaru, sestavení technologického postupu se začleněním CNC soustruhu, sestavení návodek s výpočtem strojních časů, zpracování NC programu a jeho následné ověření pomocí simulace výroby a technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Klíčová slova

příruba, CNC soustružení, povlakování, PVD, CVD, NC program, simulace

ABSTRACT

This work deals with the use of coated tools in the production of component "flange" on the CNC lathe. The first section describes the process of the coating of tools and an overview of coating tools for machining from well-known manufacturers around the world. Further, it provides the assessment of technology for manufacture the components, the design of semiproduct, the solution of the technological process with the incorporation of the CNC lathe, the assembly of work instructions with calculation of machinery times, and the processing of the NC program and its subsequent verification by simulation of manufacturing process and technical-economic evaluation of the proposed solution.

Key words

flange, CNC turning, coating, PVD, CVD, NC program, simulation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MARŠÁLEK, Radek. *Navržení povlakovaných nástrojů pro technologii soustružení součásti "příruba"*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 42 s. 10 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Navržení povlakovaných nástrojů pro technologii soustružení součásti "příruba"** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Radek Maršálek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce panu Ing. Milanu Kalivodovi z VUT Brno za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 POVLAKOVÁNÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ	9
1.1 Metody povlakování.....	9
1.2 Vývojové stupně povlakovaných slinutých karbidů	11
1.3 Přehled současné světové produkce povlakovaných nástrojů.....	12
1.3.1 Pramet Tools s.r.o.	12
1.3.2 Walter AG.....	13
1.3.3 Seco Tools AB	13
2 TECHNOLOGICKÝ ROZBOR SOUČÁSTI „PŘÍRUBA“	15
2.1 Konstrukční rozbor.....	15
2.2 Hodnocení technologičnosti.....	15
2.3 Materiál	17
2.4 Funkční posouzení	17
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	18
3.1 Návrh polotovaru	18
3.1.1 Výpočet normy spotřeby materiálu a stupně využití materiálu	19
3.1.2 Návrh konstrukce výkovku.....	20
3.2 Podmínky výroby	21
3.2.1 Pásová pila PEGAS 290x290 A-CNC-F	21
3.2.2 CNC soustruh TRENS SE 820 NUMERIC.....	22
3.2.3 Bruska JUNKER EJ29 SILVER.....	22
3.3 Nástroje pro CNC soustruh	22
3.3.1 Nástroje s VBD.....	24
3.3.2 Monolitní nástroje.....	27
3.3.3 Nástrojový list.....	27
3.4 Technologický postup	28
3.5 Návodky k soustružení.....	28
3.6 Upínání obrobku.....	29
4 ŘEŠENÍ NC PROGRAMU	30
4.1 Návrh a sestavení	30
4.2 Ověření.....	30
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ návrhu.....	32
5.1 Strojní časy, výrobnost, směnnost, energie.....	32
5.2 Polotovar	34
5.3 Nástroje	35
6 DISKUZE	36
6.1 Polotovar	36
6.2 Stroje a nástroje.....	36
6.3 Výrobní postup, NC program a zhodnocení	36
6.4 Další směry řešení, ekologie	36
ZÁVĚR.....	37
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	40
SEZNAM PŘÍLOH.....	42

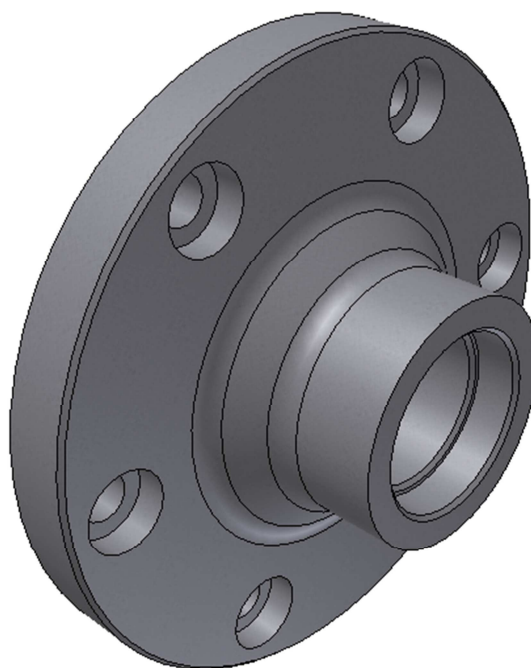
ÚVOD

V současné době je kladen velký důraz na efektivitu výroby (snižování výrobních časů) při zachování vysoké kvality produktů, což v oblasti třískového obrábění vede mimo jiné k přísným požadavkům na optimální vlastnosti nástroje. Aby mohl řezný nástroj obrábět co nejvyšší řeznou i posuvovou rychlostí co největší úběr materiálu, musí mít jeho břit odpovídající houževnatost a současně tvrdost a ořezuvzdornost, která nesmí poklesnout ani při vysokých pracovních teplotách. Tyto podmínky nejlépe splňují povlakované slinuté karbidy, které lze použít pro nejširší aplikace třískového obrábění. Houževnatost a pevnost zajišťuje karbidový podklad a tvrdost a ořezuvzdornost nanesený povlak (karbidy, nitridy, oxidy a kombinace těchto materiálů).

Od chvíle, kdy byl nanesen první TiC (karbid titanu) povlak, což lze zařadit mezi nejdůležitější vývojové stupně v oblasti řezných nástrojů, uplynulo již několik desítek let (první technicky využitelné povlakované řezné nástroje se objevily koncem 60. let 20. století). Tento krok posunul možnosti využití a výkonnost nástrojů o značný kus dopředu. Od té doby bylo s rostoucími požadavky vyvíjeno a zdokonalováno velké množství nových typů povlaků a metod jejich aplikace na řezný nástroj pro různé oblasti použití, kromě řezných nástrojů i pro komponenty a nástroje pro tváření.

Vývoj povlakovaných nástrojů v současnosti směřuje do třech hlavních oblastí – redukce tloušťky vrstev, nanášení tzv. multivrstev (více vrstev s rozdílnými vlastnostmi) a snižování teplot při nanášení povlaků.

V této práci je řešena technologická příprava výroby příruby (obr. 1) obráběné na CNC soustruhu dle výkresu (příloha 1) pomocí vhodných povlakovaných nástrojů. Práce se zabývá výběrem strojů a nástrojů, sestavením vhodného postupu výroby, výpočtem strojních časů, řešením NC programu a následným technicko-ekonomickým zhodnocením návrhu výroby. V první kapitole jsou popsány metody povlakování a uveden přehled současné produkce výrobců povlakovaných nástrojů.



Obr. 1 Model příruby.

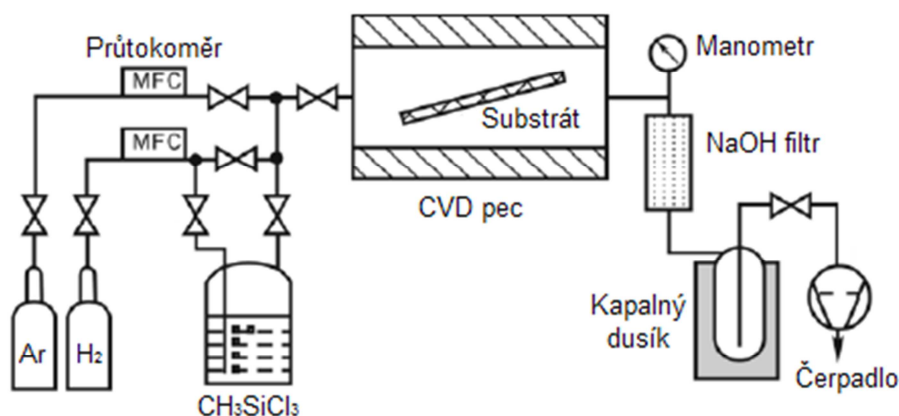
1 POVLAKOVÁNÍ ŘEZNÝCH NÁSTROJŮ

Při hledání ideálního materiálu pro řezné nástroje je nutno vycházet ze všeobecného faktu, že zvýšení tvrdosti a otěruvzdornosti znamená pokles houževnatosti. Povlakované slinuté karbidy byly významným objevem ve vývoji řezných materiálů. Kombinovaly vynikající otěruvzdornost díky svému povlaku při zachování dobré houževnatosti podkladového substrátu. Trvanlivost řezných nástrojů využívajících povlakovaných slinutých karbidů byla mnohonásobně vyšší v porovnání s běžnými nepovlakovanými materiály. Podíl povlakovaných slinutých karbidů na celkové produkci vyměnitelných břitových destiček a řezných nástrojů obecně je jednoznačně nejvyšší ze všech materiálů¹.

V dnešní době jsou povlaky většinou nanášeny na speciální podklady ze slinutých karbidů (SK), které jsou přímo určeny pro povlakování a umožňují formování do složitých tvarů díky technologii výroby práškovou metalurgií. Povlaky se oproti podkladu vyznačují tím, že neobsahují žádné pojivo, mají jemnější zrnitost a méně strukturních defektů. Tenká povlaková vrstva také tvoří bariéru proti difuznímu opotřebení nástroje, zamezuje tvorbě nárustku a vyznačuje se vyšší pevností a tvrdostí než stejný materiál v jakékoliv jiné podobě. Povlakování lze realizovat třemi základními způsoby nanášení: **CVD**, **PVD Evaporation** (napařování) a **PVD Sputtering** (naprašování)².

1.1 Metody povlakování

Technologie **CVD** (Chemical Vapour Deposition – chemické napařování z plynné fáze) je hlavní metodou pro povlakování řezných nástrojů. Lze ji snadno automatizovat a zaručuje vynikající adhezi mezi nanesenou vrstvou a podkladem. Touto metodou lze aplikovat povlaky na téměř všechny podkladové substráty. Princip CVD (znázorněn na obr. 1.1) spočívá v reakci plynných chemických sloučenin v plazmě, kdy jsou nástroje hermeticky uzavřeny v reaktoru ve směsi těchto plynů. Výchozí plyn musí obsahovat stabilní sloučeninu, která se přivedením energie chemicky rozkládá, a produkty rozpadu jsou pak ukládány na nahřátý podkladový povrch nástroje. Aktivační energií tohoto procesu může být tepelný ohřev, laser (LICVD), případně plazmový oblouk (PACVD). Tato reakce probíhá za vysokých teplot (1 000 – 1 200°C), což může nepříznivě ovlivňovat vlastnosti podkladového materiálu i samotný povlak, především jeho houževnatost. CVD technologie má mnoho modifikací, např. MT-CVD (Medium Temperature CVD), LPCVD (Low Pressure CVD), HFCVD (Hot Filament CVD) apod^{2,3}. Výhody a nevýhody této metody jsou uvedeny v tabulce 1.1.



Obr. 1.1 Princip metody CVD³.

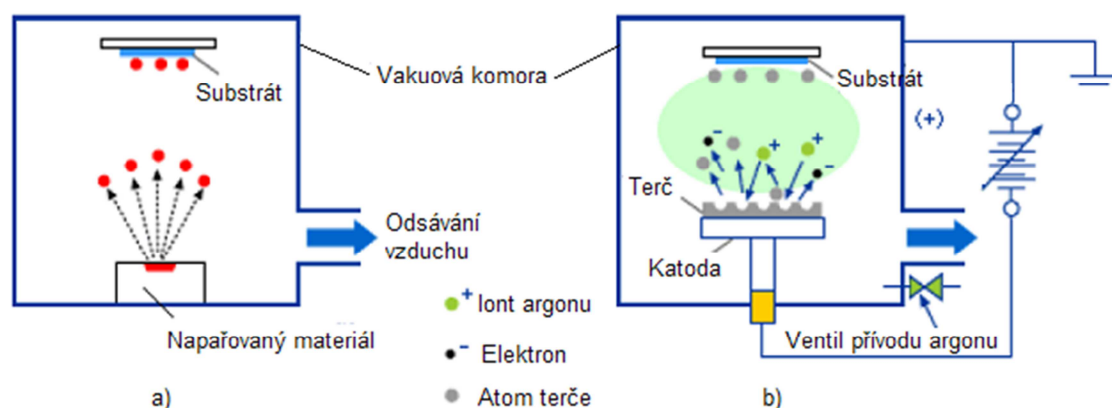
Tab. 1.1 Výhody a nevýhody metody CVD².

Výhody	Nevýhody
• vysoká hustota povlaku	• vysoké pracovní teploty
• vysoká teplotní stabilita povlaku	• možnost ovlivnění vlastností podkladu
• vysoká homogenita povlaku	• nelze vytvářet některé typy povlaků
• vynikající adheze k podkladu	• nelze povlakovat ostré hrany
• možnost vytvářet složité vrstvy	• vysoká energetická náročnost
• povlakování předmětu ze všech stran	• dlouhý pracovní cyklus (8 – 10 hodin)
• relativně nízké pořizovací i provozní náklady	• ekologicky nevyhovující plynné směsi
• možnost řízení povlaku v širokých mezích	• rozdílný koeficient délkové roztažnosti

Metoda **PVD** (Physical Vapour Deposition – fyzikální napařování) byla díky nízkým pracovním teplotám původně vyvinuta pro povlakování rychlořezných ocelí. Tyto teploty jsou zhruba poloviční oproti teplotám u metody CVD (pod 500°C) a nehrozí tedy možnost tepelného ovlivnění nástroje. Princip spočívá v přenosu uvolněné látky ze zdrojového terče na povrch nástroje fyzikálními metodami – napařováním, napařováním a iontovou implantací. Metoda PVD trpí tzv. stínovým efektem, který způsobuje nerovnoměrnou nebo vůbec žádnou vrstvu povlaku na plochách neležících ve směru pohybu odpařovaných látek ze zdrojového terče. Z tohoto důvodu je nutné nástroji při povlakování pohybovat (rotační držáky apod.). Povlakování probíhá v prostředí vysokého vakua. Výhodou této metody je možnost povlakování ostrých hran a složitých profilů. Vrstvy nanesené technologií PVD jsou zpravidla tenčí (3 až 5 μm), než vrstvy stejných vlastností nanesené metodou CVD².

PVD Evaporation (napařování, viz obr. 1.2a) je metoda, při které je zdrojový materiál odpařován z terčů ohříváných různými způsoby (odporově, obloukem, indukčně, laserem atd.) a transportován na povrch substrátu, kde následně kondenzuje a vytváří tenký povlak. Odpařený materiál reaguje s atmosférou komory (inertní a reaktivní plyn)^{2,4}.

Princip metody **PVD Sputtering** (naprašování, viz obr. 1.2b) spočívá v rozprašování materiálu povlaku (katoda) energetickými ionty a kondenzací odprášených částic na povrch podkladu. Výhoda oproti napařování spočívá v možnosti nanášet povlaky z těžkovitelných materiálů díky tomu, že není nutný ohřev terče na vysokou teplotu. Ionty inertního pracovního plynu (zpravidla argon) jsou elektrickým polem urychlovány na terč, kde při dopadu z jeho povrchu odpráší jednotlivé atomy (vlivem přenosu pohybové energie). Tyto atomy se většinou průchodem pracovního plynu samy ionizují a dopadají na povrch podkladu^{2,4}.

Obr. 1.2 Princip metody PVD: a) napařování, b) naprašování⁵.

Tab. 1.2 Porovnání metod povlakování PVD a CVD².

Charakteristika	PVD		CVD
	Napařování	Naprašování	
Mechanismus tvorby povlaku	tepelná energie	přenos pohybové e.	chemická reakce
Teplota povlakování [°C]	< 500		700 – 1 200
Doba trvání povlakování	kratší		delší
Původní určení	nástroje z rychlořezných ocelí		nástroje ze SK
Čištění povrchu substrátu	složitější		jednodušší
Ohřev substrátu	ano	zpravidla ne	ano
Ovlivnění mech. vl. substrátu	menší		větší
Stínový efekt	ano		ne
Povlakování ostrých hran	ano		obtížné
Zbytková napětí v povlaku	tlaková		tahová
Energetická náročnost	nízká		vysoká
Negativní vliv na prostředí	ne		ano

Původními a dosud nejdůležitějšími a nejpoužívanějšími materiály povlaků jsou **TiC** (karbid titanu, šedá barva povlaku), **TiN** (nitrid titanu, zlatá barva povlaku), **Al₂O₃** (oxid hlinitý, černá barva povlaku) a **TiCN** (karbonitrid titanu). **TiC** má nízkou tepelnou stabilitu a odolnost proti oxidaci, ale je nejtvrdší a má největší odolnost proti abrazivnímu opotřebení (jeho tvrdost však s rostoucí teplotou klesá). **TiN** je měkčí a méně otěruvzdorný, má dobrou termodynamickou stabilitu, na čele destičky menší součinitel tření a odolává tvorbě výmolu na čele. **Al₂O₃** se hodí pro aplikace s vysokými řeznými rychlostmi, z důvodu nejlepší chemické stability a tvrdosti za tepla se vyznačuje nejvyšší otěruvzdorností. **TiCN** má vynikající přílnavost k podkladu a často se používá jako první vrstva při vícevrstvých povlácích. Podle způsobu aplikace řezného nástroje pro obrábění se nanášejí jak jednovrstvé, tak i vícevrstvé povlaky. Kombinací jednotlivých vrstev z různých materiálů lze dosáhnout optimální sestavy požadovaných vlastností povlakovaných nástrojů².

1.2 Vývojové stupně povlakovaných slinutých karbidů

- **1. generace:** Povlaky první generace byly jednovrstvé, v drtivé většině TiC s tloušťkou kolem 6 μm. Technologie výroby byla nedokonalá, docházelo k odlupování povlaku během obrábění. Špatná soudržnost mezi substrátem a povlakem byla způsobena tvorbou křehkého eta-karbidu na tomto rozhraní².
- **2. generace:** V této generaci se podařilo odstranit tvorbu křehké eta-fáze na rozhraní substrát-povlak. Jedná se opět o jednovrstvé povlaky, díky dokonalejší technologii s větší tloušťkou (7 – 10 μm). Materiálem povlaku je nejčastěji TiC, TiN, TiCN².
- **3. generace:** Tato generace přináší vícevrstvé povlaky, kde je možné optimálně nakombinovat materiály jednotlivých vrstev pro dosažení optimálních vlastností. Jako první je nanášena vrstva s dobrou přílnavostí na substrát a s menší odolností proti opotřebení a jako poslední jsou nanášeny vrstvy z tvrdých otěruvzdorných materiálů s dobrou tepelnou stabilitou, které naopak nemusí mít dobrou adhezi na podklad. Přechody mezi jednotlivými vrstvami jsou ostře ohraničeny. Příklady povlaků této generace (řazeno od podkladu k povrchu): TiC-Al₂O₃, TiC-TiN, TiC-TiCN-TiN, TiC-Al₂O₃-TiN. Do této skupiny lze zařadit i povlak na bázi TiAlN².
- **4. generace:** Použití stejných materiálů jako u třetí generace, avšak navýšení počtu vrstev a mezivrstev na více než deset, tzv. multivrstvý povlak. Díky tomu dochází

k výraznému zamezení šíření trhlin vrstvami povlaku. Mezi povlaky 4. generace lze zařadit povlaky diamantové, nanokompozitní (tvořen dvěma nebo více složkami vzájemně nerozpustnými), gradientní (plynule mění složení od podkladu k povrchu), supermřížkové, inteligentní (schopnost monitorovat opotřebení) a v budoucnu i povlaky z kubického nitridu boru².

1.3 Přehled současné světové produkce povlakovaných nástrojů

Výrobou a povlakováním řezných nástrojů se zabývá velké množství firem po celém světě, které nabízí nepřeberné množství aplikací těchto nástrojů. Následující stručný přehled je sestaven z aktuálně vydaných katalogů v oblasti břitových destiček pro soustružení a obrábění děr v sortimentu tuzemského výrobce Pramet Tools a dvou významných světových výrobců Walter AG a Seco Tools AB.

1.3.1 Pramet Tools s.r.o.

Pramet je jediným výrobcem povlakovaných slinutých karbidů v České republice. Svou historii začala firma psát roku 1933, kdy zahájila výrobu slinutého karbidu a diamantových nástrojů, tehdy pod názvem Stellwag. Od roku 1951 přesunula výrobu SK do závodu v Šumperku, kde sídlí dodnes. V současnosti Pramet exportuje svoje nástroje do více než padesáti zemí světa a vlastní devět dceřiných společností, např. v Indii, Číně, Itálii, Německu a Rusku⁶.

V dubnu 2013 Pramet představil novou generaci materiálů pro břitové destičky s názvem UP!GRADE. Ty se vyznačují jak novými podkladovými substráty, tak nově vyvinutými povlaky, které jsou nanášeny metodami PVD (T8xxx, D8xxx; nanášený povlak TiN/TiAlN) a MT-CVD (T9xxx, D9xxx; nanášený povlak TiCN + α -Al₂O₃)⁷.

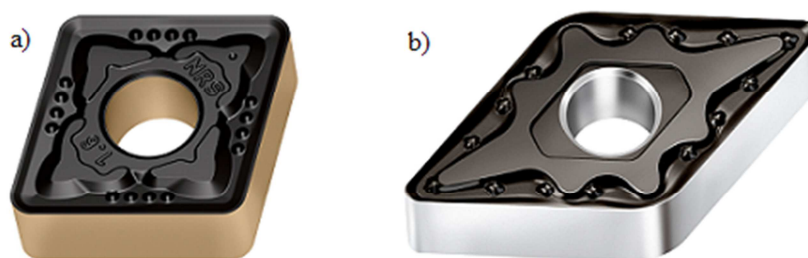
Tab. 1.3 Přehled materiálů v produkci firmy Pramet Tools s.r.o.^{8,9}.

Označení materiálu	Aplikační oblast	Metoda nanášení	Substrát
6630	P15-35, M10-30, K20-30, S15-25	MT-CVD	funkčně gradientní bez kubických karbidů
6640	P20-40, M20-40, K25-40, S20-30		
T0315	N05-25	PVD	submikronový
T5305	P05-15, K01-15, H15-20	MT-CVD	jemnozrnný s nízkým obsahem kobaltu funkčně gradientní
T5315	P10-25, M05-15, K10-25, H15-25		
T7335	P20-40, M20-40		
T8030	P25-40, M20-35, K20-40, N, S, H	PVD	submikronový
T8310	M01-15, K01-15, S01-15, H01-15		
T8315	M05-20, K05-25, N05-25, H05-15, P, S		
T8330	P25-40, M20-35, K20-40, N, S, H		
T8345	P30-50, M30-40, S30-40		
T9310	P01-15, K05-20, H10-20	MT-CVD	funkčně gradientní
T9315	P05-25, K05-25, H10-20		
T9325	P15-35, M10-30, K15-35		
T9335	P20-45, M15-40		
D8330	P25-40, M20-35, K20-40, S15-25, H	PVD	submikronový
D8345	P30-50, M20-40, K20-40, S20-30, H		
D9335	P25-40, M20-35, K20-40, S, H	MT-CVD	funkčně gradientní

1.3.2 Walter AG

Walter AG sídlí v Německém Tübingenu, zastoupení má však na všech pěti kontinentech díky 33 pobočkám a mnoha obchodním partnerům. Historie firmy sahá až do roku 1919.

V oblasti soustružení je Walter proslulý svou generací řezných materiálů pro vyměnitelné břitové destičky Tiger•tec® (obr. 1.3a), kde se poprvé podařilo aplikovat Al_2O_3 do PVD povlaku destičky (označení WSM). To zaručuje vysokou houževnatost PVD povlaků a vyšší odolnost proti otěru díky vrstvě oxidu hlinitého. Novou generací těchto povlaků je Tiger•tec® Silver (obr. 1.3b), která vykazuje ještě lepší vlastnosti. Povlak s vrstvou Al_2O_3 s optimalizovanou mikrostrukturou nanesený metodou CVD zaručuje zvýšení řezných výkonů a prodloužení doby životnosti nástroje (označení WPP)¹⁰.



Obr. 1.3 VBD firmy Walter: a) Tiger•tec®, b) Tiger•tec® Silver¹¹.

Tab. 1.4 Přehled materiálů v produkci firmy Walter AG¹¹.

Označení materiálu	Aplikační oblast	Metoda nanášení	Materiál povlaku	Označení materiálu	Aplikační oblast	Metoda nanášení	Materiál povlaku
WAP 20	P, K	CVD	TiCN Al_2O_3 (TiN)	WAK 10	K, H	CVD	TiCN Al_2O_3 (TiN)
WKP 25	P, K			WAK 15	K		
WKP 35	P, K			WAK 20	P, K		
WMP 35	P, M, S			WAK 30	P, K		
WPP 01	P, K			WSM 10	P, M, S	PVD	TiAlN Al_2O_3 (ZrCN)
WPP 05	P			WSM 20	P, M, S		
WPP 10	P, K			WSM 30	P, M, S		
WPP 20	P, K			WSP 45	P, M, S		
WPP 30	P			WSM 21	P, M, S		TiAlN
WXK 25	P, K	PVD	multivrstva TiAlN/TiN	WTP 35	P, M, S		TiCN TiN
WXM 15	P, M, K			WXN 10	P, M, N		TiCN
WXP 45	P, M			WXP 40	P, M, S		

1.3.3 Seco Tools AB

Seco Tools sídlí ve městě Fagersta ve Švédsku. Je zastoupena v 60 zemích světa včetně České republiky a má 50 dceřiných společností. Historie firmy se datuje od roku 1932.

Firma Seco Tools slaví největší úspěchy se svým převratným povlakovaným materiálem s označením DURATOMIC® (Durable + Atomic, viz obr. 1.4). Jedná se o materiál s povlakem TiCN a Al_2O_3 (na povrchu) nanášeným metodou CVD. Tento proces firma Seco Tools jako první kontrolovala na atomární úrovni, což umožňuje řídit orientaci krys-

talové mřížky povlaků Al_2O_3 a dosáhnout tak optimálního uspořádání atomů hliníku a kyslíku. Výsledkem toho je vysoká mechanická a tepelná odolnost v kombinaci s vysokou houževnatostí. Zároveň je možno získat hladší povrch povlaku, což snižuje tření a tedy i teplo v řezu¹².



Obr. 1.4 Vyměnitelné břitové destičky z materiálu DURATOMIC®¹³.

Tab. 1.5 Přehled materiálů pro soustružení v produkci firmy Seco Tools AB¹³.

Označení materiálu	Aplikační oblast	Metoda nanášení	Materiál povlaku
TP0500	P01-20, K10-30	CVD	TiCN + Al_2O_3 DURATOMIC®
TP1500	P05-30, K10-30, H15-30		
TP2500	P15-45, M10-30, K20-45		
TP3500	P25-50, M10-30		
TP200	P20-45, M20-35, K20-45		TiCN + Al_2O_3 + TiN
TP40	P35-55, M30-50		TiC/TiCN + Al_2O_3 + TiN
TM2000	P20-40, M15-35		TiCN + Al_2O_3 DURATOMIC®
TM4000	P35-50, M25-50		
TK1001	K05-25, H20-30		
TK2001	P10-25, M05-20, K10-40		
TH1500	K05-15, H10-25	PVD	TiAlN + TiN
TS2000	P10-25, M05-20, K10-30, S10-25		nanolaminát Ti-Al-Si-N
TS2500	P20-30, M10-35, K15-30, S10-30		
TH1000	H05-20		TiAlN + TiN
CP200	P10-25, M05-25, K10-30, S10-30		
CP500	P25-50, M20-45, K25-45, S15-35		
CP600	P35-50, M20-50, K20-40, S10-25		

Tab. 1.6 Přehled materiálů pro vrtání v produkci firmy Seco Tools AB¹⁴.

Označení materiálu	Metoda nanášení	Materiál povlaku	Označení materiálu	Metoda nanášení	Materiál povlaku
DP2000	CVD	TiCN + Al_2O_3 DUR.	T3000D	MT-CVD	TiCN + Al_2O_3
T1000D	MT-CVD	TiCN + Al_2O_3 + TiN	T250D	PVD	TiAlN
T2000D			T400D	PVD	TiAlN + TiN

2 TECHNOLOGICKÝ ROZBOR SOUČÁSTI „PŘÍRUBA“

Pro samotný návrh technologie výroby je nejprve nutné u zadané součásti vyhodnotit technologičnost konstrukce, která je dána souhrnem technicko-ekonomických vlastností. Tyto vlastnosti mají zajistit dosažení minimální spotřeby hmotných zdrojů a práce dělníků s maximálním využitím použitých prostředků. Při hodnocení technologičnosti je třeba vycházet z konstrukčních zásad (rozměry, tvary, přesnost, drsnosti), technologických zásad (minimální pracnost a náklady) a provozních zásad¹⁵.

2.1 Konstrukční rozbor

Vyráběnou součástí je příruba o celkové délce 58 mm s největším průměrem 145 mm. Výrobní výkres součásti se nachází v příloze 1. Po obvodu příruby je 6 zahluobených děr pro šrouby M10. Součást má v ose průchozí díru o průměru 36 mm, osazenou z jedné strany netolerovaným vnitřním průměrem 40 mm, z druhé strany broušeným otvorem Ø 42H7 pro kuličkové jednořadé ložisko. Na vnějšku na jedné straně tolerované osazení pro dosednutí protikusů, na druhé straně netolerované osazení s kuželovým přechodem se zaoblením. Příruba je zhotovena z běžného materiálu pro výrobu přírub ČSN 11 416.1.

2.2 Hodnocení technologičnosti

Materiál ČSN 11 416.1 (W.Nr. 1.0432, EN P265GH) se vyznačuje dobrou obrobitelností 9b¹⁶. Příruba má běžný tvar, běžné požadavky na přesnost rozměrů, drsnosti a geometrické tolerance. Nejpresnějším rozměrem na součásti je otvor pro ložisko Ø 42H7 s drsností Ra 0,8 µm. Podle tabulky 2.1 není možné takovéto přesnosti dosáhnout soustružením, otvor bude muset být broušen. Dalším tolerovaným rozměrem je vnější osazení Ø 94h8, které lze vyrobít soustružením (viz tabulka 2.1). Zahluobené díry pro šrouby mohou být vyráběny na běžných stolních vrtačkách nebo na CNC soustruhu s poháněnými nástroji umožňujícími mimoosové vrtání. Z hodnocení technologičnosti plyne, že nebude zapotřebí použití speciálních nekonvenčních technologií.

Tab. 2.1 Dosažitelné parametry přesnosti při obrábění – výběr¹⁷.

Druh plochy	Způsob obrábění	Přesnost rozměrů (IT)		Drsnost povrchu [µm]	
		Střední hospodárná	Dosahovaný rozsah	Střední hospodárná	Dosahovaný rozsah
Vnější válcové plochy	Soustružení hrubování	13	11 – 14	12,5	12,5 – 100
	Soustružení načisto SK	8	7 – 9	0,8	0,4 – 1,6
	Broušení jemné	4	3 – 5	0,2	0,025 – 4
Vnitřní válcové plochy	Vrtání bez vedení	13	12 – 14	6,3	-
	Vrtání s vedením	12	10 – 13	3,2	-
	Soustružení hrubování	12	11 – 13	25	12,5 – 50
	Soustružení načisto	10	9 – 12	3,2	1,6 – 12,5
	Broušení jemné	5	3 – 6	0,2	0,05 – 0,4
Rovinné plochy	Frézování hrubování	12	10 – 13	25	12,5 – 50
	Frézování načisto	10	9 – 11	3,2	1,6 – 6,3
	Hoblování jemné	9	7 – 10	1,6	0,8 – 1,6
	Protahování načisto	7	5 – 7	0,4	0,1 – 0,8
	Broušení jemné	5	3 – 6	0,2	0,025 – 0,4

- Hlavní ukazatele technologičnosti:

K posuzování se používá různých ukazatelů technologičnosti (vztahy 2.1 až 2.3), které slouží pro porovnání více variant návrhu součástí:

a) Ukazatel jakosti povrchu obráběné plochy¹⁵:

$$U_h = \frac{\sum_{i=1}^h H_i \cdot n_i}{n_c} \quad [\mu m] \quad (2.1)$$

kde: H_i – jakost povrchu [μm],
 n_i – četnost výskytu dané jakosti povrchu,
 n_c – četnost výskytu všech uvažovaných drsností.

$$U_h = \frac{\sum_{i=1}^h H_i \cdot n_i}{n_c} = \frac{3,2 \cdot 8 + 1,6 \cdot 1 + 0,8 \cdot 2}{11} = 2,61 \mu m$$

b) Ukazatel průměrné přesnosti¹⁵:

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^h P_i \cdot n_i}{n_c} \quad (2.2)$$

kde: P_i – IT číslo dané operace ($H5 = 5$),
 n_i – četnost výskytu určité tolerance,
 n_c – četnost výskytu všech uvažovaných tolerancí.

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^h P_i \cdot n_i}{n_c} = \frac{14 \cdot 6 + 12 \cdot 6 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 1}{14} = 12,2$$

c) Ukazatel využití materiálu¹⁵:

$$U_m = \frac{Q_s}{Q_p} \quad (2.3)$$

kde: Q_s – hmotnost výrobku [kg],
 Q_p – hmotnost polotovaru [kg].

Hmotnosti výrobku a polotovaru byly zjištěny z modelů v programu Autodesk Inventor Professional 2010.

$Q_s = 2,564$ kg

$Q_p = 8,313$ kg

$$U_m = \frac{Q_s}{Q_p} = \frac{2,564}{8,313} = 0,308$$

2.3 Materiál

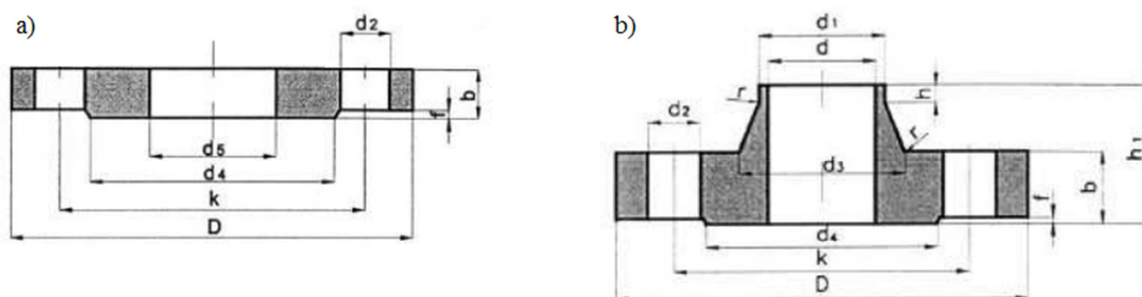
Příruba je vyrobena z oceli ČSN 11 416.1 (W.Nr. 1.0432, EN P265GH). Třída obrobitelnosti tohoto materiálu je 9b¹⁶ (pro polotovary válcované za tepla), což je stejná třída jako má běžná automatová ocel ČSN 11 500. Tato ocel je neušlechtilá, nízkouhlíková, nelegovaná, normalizačně žíhaná, se zaručenou svařitelností, žárupevná a určená pro vyšší teploty. Používá se pro výrobu přírub, ventilů, kotlů a tlakových nádob. Její pevnost R_m se pohybuje v rozmezí 400 – 490 MPa¹⁸. Chemické složení této oceli je uvedeno v tabulce 2.2.

Tab. 2.2 Chemické složení oceli 11 416.1¹⁸.

Prvek		C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S	Al
Obsah [hm. %]	min.	-	0,5	-	-	-	-	-	-	0,02
	max.	0,2	-	0,35	0,3	0,3	0,3	0,04	0,04	-

2.4 Funkční posouzení

Příruby typicky slouží pro rozebíratelné spojení dvou trubek a trubek s ostatními zařízeními navazujícími na potrubí. Přírubový spoj se skládá ze dvou přírub (protikusů), těsnícího kroužku a spojovacích šroubů. Jedná se o nejpoužívanější spoje díky jednoduchosti, spolehlivosti, libovolnému rozsahu průměrů a těsnosti spoje, která však musí být pravidelně kontrolována. Mezi jednotlivé typy přírub patří příruby přivařovací (ploché – obr. 2.1a, nebo krkové – obr. 2.1b), otočné, závitové, zaslepovací a speciální. S přírubami se můžeme setkat i mimo energetiku – např. příruby pro sklířidla, příruby na kardanové hřídele apod¹⁹.



Obr. 2.1 Příruby přivařovací: a) plochá, b) krková¹⁹.

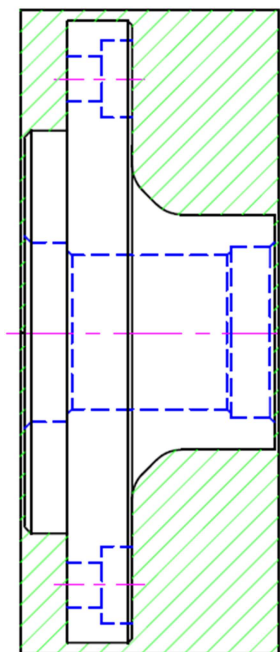
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Výroba příruby se bude skládat z dělení polotovaru na požadovanou délku, z obrábění vnějšího i vnitřního tvaru, vrtání děr, vnitřního broušení osazení pro ložisko, odmaštění, kontroly a balení.

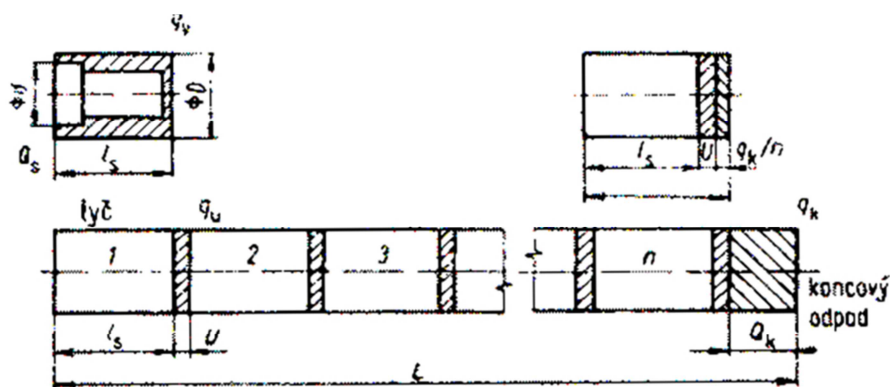
Vzhledem ke tvaru součásti (kuželový přechod se zaoblením) je na místě použití CNC soustruhu. CNC soustruh lze také vybavit revolverovou nástrojovou hlavou s možností pohonu rotačních nástrojů, což umožňuje mimoosové vrtání a není tak nutné použití stojanové vrtačky pro výrobu zahluubených děr pro šrouby M10. Veškeré obrábění (kromě broušení) by tím pádem bylo provedeno na soustruhu na dvě upnutí obrobku, což eliminuje možné chyby při přepínání součásti a přispívá k dodržení rozměrových a geometrických tolerancí.

3.1 Návrh polotovaru

Největší průměr součásti, který bude obráběn, byl navýšen o přídavek na obrábění 5 mm, průměr polotovaru je tedy 150 mm. Přídavek na délku byl zvolen 2 mm (1 mm na každé čelo). Rozměry polotovaru jsou $\varnothing 150 \times 60$ mm. Náčrt je uveden na obrázku 3.1.



Obr. 3.1 Náčrt obrobku a polotovaru.



Obr. 3.2 Ztráty materiálu u polotovarů z tyče¹⁵.

3.1.1 Výpočet normy spotřeby materiálu a stupně využití materiálu

Normy spotřeby materiálu jsou důležitým ukazatelem při výpočtu výrobních nákladů. Při zpracování tyčí vznikají ztráty při dělení, obráběním přídavek a z konce tyče, který není rozměrově využitelný (obr. 3.2)¹⁵.

Tyče se dodávají v délkách 3 000 nebo 6 000 mm. Prořez materiálu při dělení na pásové pile KB 360 G je přibližně 0,9 mm. Závisí na tloušťce pilového pásu a kolmosti řezu.

Norma spotřeby materiálu se počítá podle vztahů 3.1 až 3.5. Podrobný výpočet pro obě délky tyčí se uveden v příloze 2.

a) Norma spotřeby materiálu¹⁵:

$$N_m = Q_s + Z_m \quad [kg] \quad (3.1)$$

kde: Q_s – hmotnost hotové součásti [kg],
 Z_m – celkové ztráty materiálu na jednici [kg].

b) Celkové ztráty materiálu¹⁵:

$$Z_m = q_k + q_u + q_o \quad [kg] \quad (3.2)$$

kde: q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče připadající na jednici [kg],
 q_u – ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici [kg],
 q_o – ztráta vzniklá obráběním přídavek [kg].

c) Ztráta z konce tyče připadající na jednici¹⁵:

$$q_k = \frac{Q_k}{n_c} \quad [kg] \quad (3.3)$$

kde: Q_k – ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg],
 n_c – počet přířezů z tyče.

d) Ztráta vzniklá obráběním¹⁵:

$$q_o = Q_p - Q_s \quad [kg] \quad (3.4)$$

kde: Q_s – hmotnost výrobku [kg] (2,564 kg),
 Q_p – hmotnost polotovaru [kg] (8,313 kg).

e) Výsledný vzorec normy spotřeby materiálu¹⁵:

$$N_m = Q_s + Q_p - Q_s + q_u + q_k = Q_p + q_u + q_k \quad [kg] \quad (3.5)$$

f) Stupeň využití materiálu¹⁵:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \quad [kg] \quad (3.6)$$

Podle stupně využití materiálu 0,302 byla zvolena délka tyče 3 000 mm. Pro výrobu série 25 000 ks bude zapotřebí 511 ks tyčí. Vypočítané hodnoty spotřeby materiálu pro tyč délky 3 000 mm jsou shrnuty v tabulce 3.1.

Tab. 3.1 Vypočtené hodnoty spotřeby materiálu.

Velikost výrobní série	n_{se}	25 000
Hmotnost hotové součásti	Q_s [kg]	2,564
Hmotnost polotovaru na 1 ks	Q_p [kg]	8,313
Ztráta materiálu vzniklá dělením na 1 ks	q_u [kg]	0,125
Ztráta materiálu vzniklá obráběním na 1 ks	q_o [kg]	5,749
Zvolená délka tyče	l_t [mm]	3 000
Hmotnost jedné tyče	Q_t [kg]	415,7
Počet přířezů z tyče	n_p	49
Počet tyčí na sérii	n_t	511
Délka nevyužitých konců tyčí na sérii	l_k [mm]	10 500
Hmotnost nevyužitých konců tyčí na sérii	Q_k [kg]	1 455,8
Norma spotřeby materiálu na 1 ks	N_m [kg]	8,496
Stupeň využití materiálu	k_m	0,302

Vzhledem k nízkému stupni využití materiálu 0,302 (pro obrábění by se měl pohybovat v rozmezí 0,4 – 0,8¹⁵) přichází v úvahu možnost změny polotovaru na výkovek, který by měl příznivější stupeň využití materiálu. Výkovek by byl zadán firmě, která se zabývá kovááním. Kovárna by zpracovala návrh výroby výkovku a podle nákladů na výkovek by bylo rozhodnuto, zda se vyplatí použití výkovků, či zůstat u polotovaru z tyčí. V návrhu technologie výroby bude dále uvažován tyčový polotovar.

3.1.2 Návrh konstrukce výkovku

Při návrhu výkresu výkovku se především vychází z výkresu součásti. Pokud se při konstrukci součásti předpokládá, že polotovarem bude výkovek, mohou být na výkresu předepsány požadavky na²⁰:

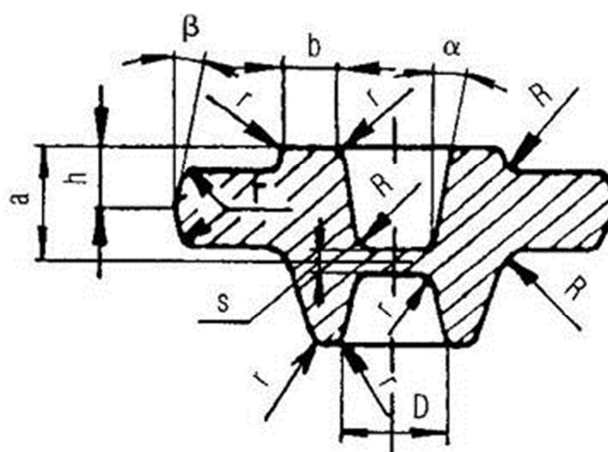
- **přesnost** – provedení: obvyklé, přesné a velmi přesné – z tohoto zařazení vychází velikosti přídavek na obrábění, stupeň přesnosti a velikosti tolerancí rozměrů kolmých a rovnoběžných se směrem rázu,
- **mechanické vlastnosti** – tepelné zpracování, průběh vláken, překování otvorů,
- **tvářecí zařízení** – ovlivnění přesnosti a konstrukce výkovku,
- **mechanizaci procesu kování** – přídavné úchyty, závěsná oka, středící plochy atd.

Nejprve se provede zařazení výkovku do určité skupiny pro jeho přesnou definici. Přesné zařazení stanovuje norma ČSN 42 9002 a je určeno pětímístným číselným označením zahrnujícím: tvarový druh, tvarovou třídu, tvarovou skupinu, tvarovou podskupinu a technologické hledisko²⁰.

Dělicí rovina se zpravidla umísťuje do místa s největším obvodem. Rozděluje výkovek na část kovanou v horním a spodním dílu zápustky a nachází se v ní výronková drážka²⁰.

Plochy, které se budou následně obrábět (funkční plochy), se zvětší o přídávky na obrábění. Velikost přídavek se řídí dle normy ČSN 42 9030 a určuje se podle provedení výkovku (obvyklé, přesné, velmi přesné)²⁰.

Dále se výkovek upraví pomocí technologických přídavek, které umožňují a zjednodušují vyrobiteľnost součástí kovááním. Do těchto přídavek patří vnitřní a vnější úkopy (usnadňují zatékání kovu a vyjímání výkovku ze zápustky), zaoblení hran, nejmenší tloušťky blány v předkovaných otvorech a nejmenší tloušťky stěn. Velikosti těchto přídavek určuje norma ČSN 42 9030²⁰. Ukázka technologických přídavek je uvedena na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 Technologické přídavky na výkovku²⁰.

Výkres výkovku pro výrobu polotovaru zadané příruby se nachází v příloze 3.

3.2 Podmínky výroby

Součást bude vyráběna v menším výrobním podniku, který disponuje CNC soustruhem TRENS SE 820 NUMERIC a všemi běžnými stroji a jejich příslušenstvím, které pro zabezpečení kusové i sériové výroby součástí obvyklých požadavků na přesnost a technologii zcela dostačují (pro řešenou součást konkrétně pásová pila PEGAS 290x290 A-CNC-F a bruska vodorovná hrotová JUNKER EJ29 SILVER). Žádný speciální stroj nebude vzhledem k výrobní sérii 25 000 ks, tvaru součásti a požadavkům na přesnost dokupován. Parametry použitých strojů jsou uvedeny v příloze 4.

V případě, že dojde k poruše CNC soustruhu, lze pro výrobu součásti použít i konvenční soustruh (s vodicím pravítkem pro výrobu kuželového přechodu) v kombinaci se stojanovou vrtačkou, kterými firma disponuje. Bude však nutné navíc použít soustružnický nůž s kruhovou břitovou destičkou (PRAMET RCMT 1606MOS-37) pro výrobu zaoblení R8.

3.2.1 Pásová pila PEGAS 290x290 A-CNC-F

Automatická pásová pila (obr. 3.4) je vybavena řídicím systémem, který určí počet přířezů, posunuje materiál do svěráků umístěných před i za řezem a řídí pohyb ramene. Rameno je skloněno o 25° a disponuje automatickou regulací napětí, což zvyšuje životnost pásu. Svěrák fixuje materiál před i za řezem. Pohon je zajištěn prostřednictvím šnekové převodovky z třífázového motoru s dvojitém vinutím a frekvenčním měničem²¹.



Obr. 3.4 Pásová pila PEGAS 290x290 A-CNC-F²¹.

3.2.2 CNC soustruh TRENS SE 820 NUMERIC

SE 820 NUMERIC (obr. 3.5) je vybaven řídicím systémem SIEMENS 840D, umožňuje konturové i DIN programování, obrábění konstantní řeznou rychlostí, automatické řazení převodových stupňů během cyklu a přesné odměřování polohy vřeten. Disponuje revolve-rovou nástrojovou hlavou SAUTER VDI50 s osmi polohami pro nástroje s možností poho-nu rotačních nástrojů. Geometrická přesnost odpovídá normám ISO 1708 a ISO 230-1²².



Obr. 3.5 Soustruh TRENS SE 820 NUMERIC²².

3.2.3 Bruska JUNKER EJ29 SILVER

Vodorovná hrotová bruska firmy JUNKER (obr. 3.6) je vybavena CNC řízením s orovná-vacím programem, optickým odměřováním a tříčelistovým sklíčidlem²³.



Obr. 3.6 Bruska JUNKER EJ29 SILVER²³.

3.3 Nástroje pro CNC soustruh

Prvním krokem při volbě optimálního řezného nástroje pro daný úsek je rozhodnutí, do jaké materiálové skupiny patří obrobek. Jednotlivé skupiny (P, M, K, N, S, H) a pod-skupiny (1 – 4) sdružují materiály, které namáhají břit přibližně stejným zatížením a mají za následek podobný typ opotřebení⁸. Podle tabulky 3.2 byl materiál obrobku 11 416.1 zařazen do skupiny **P2**.

Dále je třeba určit rozměry upínací části soustružnického nože. Ten slouží pro upnutí des-tičky určitého tvaru. Rozměry závisí na hloubce řezu a_p , posuvu f a vyložení držáku, ve většině případů se však volí s ohledem na možnosti konkrétního stroje. Důležitými pa-rametry jsou rozměry upínací části určující tuhost nože, tvar nože určující úhel nastavení hlavního ostří a tvar vybroušení pro VBD určující tvar a způsob upínání VBD, úhel hřbetu a směr řezu (pravý nebo levý nůž)⁸.

Tab. 3.2 Ukázka materiálových skupin pro oceli⁸.

Skupina	Podskupina	Definice
P	P1	Oceli a litiny s velmi dobrou obrobitelností, nízkouhlíkové
	P2	Nelegované a nízkolegované oceli ($0,25 < C < 0,55$), pevnost do 900 MPa
	P3	Hůře obrobitelné oceli, střední obsah uhlíku, pevnost do 1 000 MPa
	P4	Středně až vysoce legované oceli, uhlík $0,55 < C$, pevnost do 1 270 MPa
M	M1	Feritické korozivzdorné oceli
	M2	Martenzitické korozivzdorné oceli
	M3	Austenitické korozivzdorné oceli
	M4	Feriticko – austenitické a superaustenitické korozivzdorné oceli

Tvar břitových destiček ovlivňuje např. geometrii břítu, odolnost proti plastické deformaci, možné směry řezu, hloubku řezu apod. Poloměr zaoblení špičky je rozhodující pro odolnost proti plastické deformaci špičky a kvalitu obrobeného povrchu, proto se volí co možná největší, což také umožňuje použití větších posuvů. Dalším faktorem je volba utvařeče třísky. Určitý typ utvařeče funguje pouze v určitém rozmezí hloubky řezu a posuvu, proto je nutné zvolit typ utvařeče pro konkrétní aplikaci⁸.

V tabulkách 3.3, 3.4 a 3.5 je vysvětlen význam značení soustružnických nožů a vyměnitelných břitových destiček, podrobnosti jsou uvedeny v příloze 5.

Tab. 3.3 Systém značení vnějších nožů ISO⁸.

P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S
1	2	3	4	5		6	7	8	9		10
1	Způsob upínání					6	Výška držáku				
2	Tvar destičky					7	Šířka držáku				
3	Tvar nože					8	Celková délka				
4	Úhel hřbetu					9	Velikost řezné části destičky				
5	Směr řezu					10	Údaje výrobce (upínání s podložkou apod.)				

Tab. 3.4 Systém značení vnitřních nožů ISO⁸.

A	40	T	-	P	C	L	N	L	12	-	X
1	2	3		4	5	6	7	8	9		10
1	Provedení držáku					6	Tvar nože				
2	Průměr držáku					7	Úhel hřbetu				
3	Celková délka					8	Směr řezu				
4	Způsob upínání					9	Velikost destičky				
5	Tvar destičky					10	Údaje výrobce (provedení stopky apod.)				

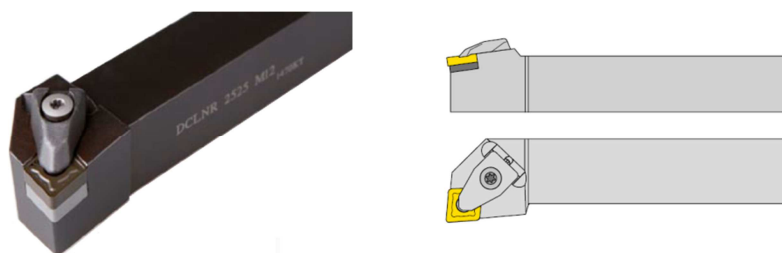
Tab. 3.5 Systém značení vyměnitelných břitových destiček ISO⁸.

T	N	M	G	-	22	4	8	E	N	-	M
1	2	3	4		5	6	7	8	9		10
1	Tvar destičky					6	Tloušťka				
2	Úhel hřbetu					7	Rádus špičky				
3	Tolerance					8	Provedení řezné hrany				
4	Provedení					9	Směr posuvu				
5	Délka řezné hrany					10	Utvařeč				

3.3.1 Nástroje s VBD

- Soustružení vnějšího obrysu
- Soustružnický nůž

Pro hrubovací i dokončovací soustružení vnějšího obrysu byl vybrán nůž **PRAMET DCLNL 2525 M 12** (obr. 3.7) určený pro VBD tvaru C. Nůž má rozměry upínací části 25x25 mm a celkovou délku 150 mm. Nůž bude upnut do nástrojové hlavy pomocí standardního radiálního VDI adaptéru typu B1 dle normy DIN 69880. Jedná se o levý nůž. Upínací systém VBD typu D zajišťuje vynikající stabilitu a snadné upnutí i při silném znečištění. Destičku i podložku lze vyměnit pomocí jednoho klíče přímo na stroji⁸.

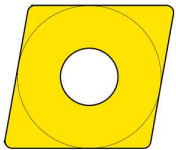


Obr. 3.7 Soustružnický nůž vnější DCLNL 2525 M 12⁸.

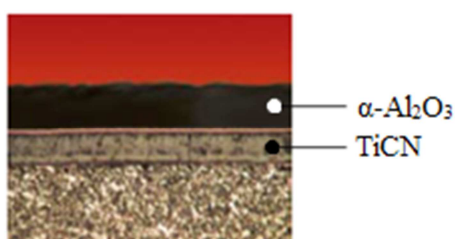
- Vyměnitelná břitová destička - hrubování

V držáku je umístěna VBD **CNMG 120408E-M** firmy PRAMET (tabulka 3.6). Tvar, velikost a nulový úhel hřbetu umožňuje použití při hrubování s přerušovaným řezem. Díky negativní geometrii lze destičku otočit, má tedy 4 břity. Utvařec třísky je typu M – určen pro hrubovací soustružení s použitím pro obráběné materiály skupiny P a K⁸.

Tab. 3.6 Vyměnitelná břitová destička pro hrubovací operace⁸.

	Délka ostří	Rádus	Posuv na otáčku		Hloubka řezu	
	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
	l_o	r_E	f_{min}	f_{max}	a_{pmin}	a_{pmax}
CNMG 120408E-M	12	0,8	0,15	0,6	0,8	6

Destička je vyrobena z materiálu **T5315** (obr. 3.8). Jedná se o materiál s jemnozrnným podkladovým substrátem se zvýšeným obsahem kobaltu pro zlepšení houževnatosti a odolnosti ke vzniku a šíření trhlin. Dvouvrstvý silný povlak je nanesen metodou MT-CVD a kombinuje vrstvu TiCN (na substrátu) a $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (na povrchu), což zajišťuje vynikající adhezi povlaku k podkladu, dobrou odolnost proti opotřebení hřbetu a tepelným a chemickým vlivům. T5315 je vhodný pro obrábění materiálů skupiny P, K a H, dokončování i hrubování, kontinuální i přerušovaný řez a střední až vysoké řezné rychlosti⁸.

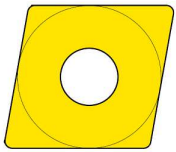


Obr. 3.8 Materiál T5315⁸.

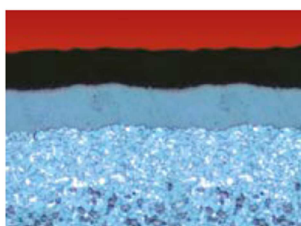
Vyměnitelná břitová destička - dokončování

Pro dokončovací soustružení byla zvolena VBD **CNMG 120404E-FM** (tabulka 3.7) firmy PRAMET. I tato destička má délku ostří 12 mm a 4 břity. Utvařec typu FM je určen pro dokončovací soustružení s kontinuálním nebo mírně přerušovaným řezem⁸.

Tab. 3.7 Vyměnitelná břitová destička pro dokončovací operace⁸.

	Délka ostří	Rádus	Posuv na otáčku		Hloubka řezu	
	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
	l_o	r_E	f_{min}	f_{max}	a_{pmin}	a_{pmax}
CNMG 120404E-FM	12	0,4	0,1	0,3	0,5	3

Materiálem této destičky je **T9315** (obr. 3.9) s jemnozrnným, funkčně gradientním substrátem s relativně nízkým obsahem kobaltu. Na destičku je nanесena silná vrstva $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ metodou MT-CVD zaručující optimální poměr otěruvzdornosti a provozní spolehlivosti. Materiál je určený pro obrábění materiálů skupiny P, K a H, pro vysoké řezné rychlosti a kontinuální až lehce přerušovaný řez⁸.

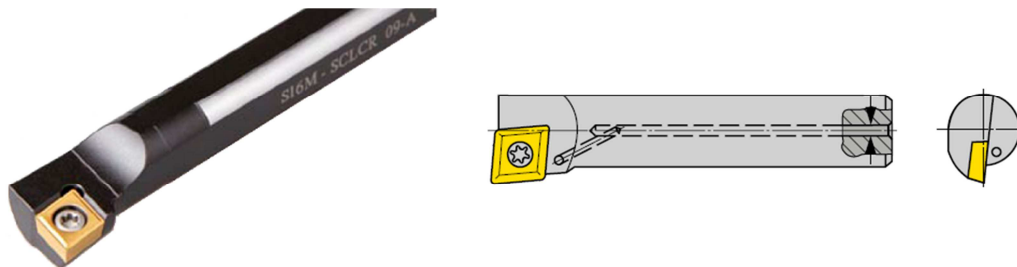


Obr. 3.9 Materiál T9315⁸.

• Vnitřní soustružení

- Soustružnický nůž

Pro vnitřní soustružení byl zvolen nůž **PRAMET A20Q-SCLCL 09** (obr. 3.10) určený pro upnutí destičky tvaru C. Tento nůž bude upnut do VDI adaptéru pro vyvrtávací tyče typu E2 dle normy DIN 69880. Tento nůž o průměru upínací části 20 mm má uvnitř vyvrtaný otvor pro přívod chladicí kapaliny do řezu. Celková délka nože činí 180 mm. Jednoduché upínání VBD typu S je zajištěno šroubem jdoucím kuželovým otvorem destičky⁸.

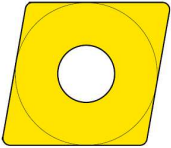


Obr. 3.10 Soustružnický nůž vnitřní A20Q-SCLCL 09⁸.

- Vyměnitelná břitová destička

Pro držák A20Q-SCLCL 09 byla vybrána destička **CCMT 09T304E-FM** (tabulka 3.8). Destička tvaru C, úhlem hřbetu 7° a úhlem nastavení 80° je vhodná jak pro hrubovací, tak dokončovací operace a umožňuje obrábění s drsností $R_a 1,6$ při posuvu na otáčku 0,1 mm. Utvařec třísky je typu FM. Destička má dva břity. Materiálem je **T9315** (viz výše)⁸.

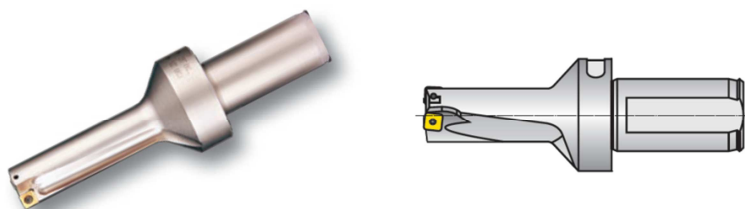
Tab. 3.8 Vyměnitelná břitová destička pro vnitřní soustružení⁸.

	Délka ostří	Rádus	Posuv na otáčku		Hloubka řezu	
	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	
	l_o	r_E	f_{min}	f_{max}	a_{pmin}	a_{pmax}
CCMT 09T304E-FM	9	0,4	0,1	0,3	0,4	3

- **Vrtání průchozí díry**

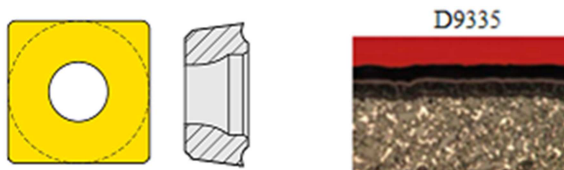
- Vrták

Pro vyvrtání průchozí díry průměru 30 mm byl vybrán vrták **PRAMET 803D-30** (obr. 3.11). Vrták umožňuje vrtání do hloubky 90 mm, vrtání slepých i průchozích děr, přerušovaný řez, vyvrtávání, vrtání do šikmých a zakřivených ploch, a to bez nutnosti předvrtání. Vrták bude umístěn do axiálního VDI adaptéru typu E1. Doporučené řezné podmínky dle katalogu: řezná rychlost 230 – 270 m/min a posuv na otáčku 0,16 mm⁹.

Obr. 3.11 Vrták 803D-30⁹.

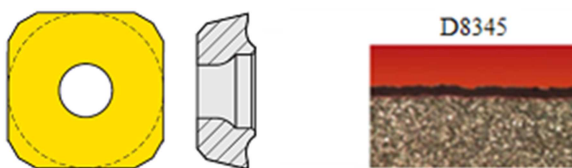
- Obvodová VBD

Obvodové destičky jsou při obrábění velmi zatížené vrubovým opotřebením na hlavním břitu. Proto je nutná zvýšená tvrdost a otěruvzdornost a nižší napjatosti v povrchové vrstvě povlaku. Destička **SCET 09T308-UD** je z materiálu **D9335** (obr. 3.12), vhodného pro obvodové destičky vrtáků a má 4 břity. Na podkladu s vyšším obsahem kobaltu je nanesena vrstva Al₂O₃ metodou MT-CVD. Materiál je určen pro skupiny P, M, K a vyšší rychlosti⁹.

Obr. 3.12 Destička SCET 09T308-UD s detailem materiálu D9335⁹.

- Středová VBD

Pro středové destičky je podstatná dobrá stabilita řezné hrany z důvodu trvalého odebrání materiálu při malých rychlostech. Pro **XPET 0903AP** je použit materiál **D8345** (obr. 3.13) vyznačující se submikronovým substrátem s vysokým obsahem kobaltu a nanovrstevnatým PVD povlakem s gradientními přechody. Je určen pro skupinu P, M, K a S a pro nestabilní záběrové podmínky s nižšími až středními řeznými rychlostmi, má 4 břity⁹.

Obr. 3.13 Destička XPET 0903AP s detailem materiálu D8345⁹.

3.3.2 Monolitní nástroje

Tyto nástroje jsou uvedeny v nástrojovém listu (pozice T5 až T8) a budou použity pro zhotovení zahluubených děr po obvodu příruby. Jelikož se jedná o otvory umístěné mimo osu obrobku, bude nutné použití poháněných nástrojových držáků SAUTER 0.5.922.104-TY03 (viz obr. 3.14), do kterých budou nástroje upnuty. Tento držák má výhodu ve své univerzálnosti díky vyměnitelným upínacím vložkám a umožňuje jak vnitřní (otvory v nástroji), tak vnější přívod chladicí kapaliny do řezu. Technické údaje jsou uvedeny v příloze 6.



Obr. 3.14 Poháněný nástrojový držák SAUTER 0.5.922.104-TY03²⁴.

3.3.3 Nástrojový list

Soustruh má revolverovou nástrojovou hlavu se zásobníkem na 8 nástrojů. Pro výrobu příruby bude zásobník plně obsazen. V případě zásobníku pro větší počet nástrojů by mohla být také použita měřicí dotyková sonda sloužící pro měření nebo kontrolu přítomnosti obrobku přímo ve stroji během procesu soustružení.

Tab. 3.9 Nástrojový list^{8,9, 25}.

VUT BRNO FSI ÚST		NÁSTROJOVÝ LIST		Datum:	3. 2. 2014
Vyhotovil: Radek Maršálek		Stroj: TRENS SBL 500 CNC		Číslo listu:	1
Pozice nástroje:	Znázornění:	Název nástroje:	Výrobce:		Materiál:
		Název držáku:			
T1		soustružnický nůž vnější: DCLNR 2525 M 12 VBD: CNMG 120408E-M	PRAMET TOOLS		T5315
T2		soustružnický nůž vnější: DCLNR 2525 M 12 VBD: CNMG 120404E-FM	PRAMET TOOLS		T9315
T3		soustružnický nůž vnitřní: A20Q-SCLCR 09 VBD: CCMT 09T304E-FM	PRAMET TOOLS		T9315
T4		vrták: 803D-30 VBD obvodová: SCET 09T308-UD VBD středová: XPET 0903AP	PRAMET TOOLS		5030D
T5		vrták: 303DS -10,5-40-A12	PRAMET TOOLS		SK
T6		válcový záhlubník: 18x10,5 DIN 373	GARANT		HSS
T7		kuželový záhlubník: 23 DIN 335-C	GARANT		HSS
T8		kuželový záhlubník: 15 DIN 335-C	GARANT		HSS

3.4 Technologický postup

Technologický (výrobní) postup je předpis účelného pořadí a počtu jednotlivých operací, vykonávaných na pracovním předmětu v časové posloupnosti. Postup musí bezpodmínečně zabezpečit předepsanou jakost výrobku, nejkratší dobu výroby a nejnižší výrobní náklady na výrobu součásti¹⁵.

Technologický postup vychází z celé řady údajů a informací, např. z konstrukční dokumentace, plánovací dokumentace, normativní dokumentace a z organizačních údajů¹⁵. V tabulce 3.10 je uveden zjednodušený postup pro výrobu součásti, úplný výrobní postup včetně zařazení kontrolních měření se nachází v příloze 7.

Tab. 3.10 Obecný postup výroby.

Pořadí	Stroj	Popis operace	Nástroj
1.	PEGAS 290x290 CNC	Dělení polotovaru	Pilový pás
2.	TRENS SE 820	Vrtání průchozí díry v ose	Vrták T4
3.	TRENS SE 820	Soustružení pravé strany	Nože T1, T2, T3
4.	TRENS SE 820	Vrtání děr po obvodu	Vrták T5
5.	TRENS SE 820	Zahloubení děr po obvodu	Záhlubníky T6, T7, T8
6.	TRENS SE 820	Soustružení levé strany	Nože T1, T2, T3
7.	JUNKER EJ29	Broušení díry Ø 42H7	Brousicí tělísko
8.	PRAČKA	Odmaštění, konzervace, balení	

3.5 Návodky k soustružení

Řezné podmínky předepsané v návodkách byly voleny s ohledem na možnosti stroje podle doporučených hodnot z nástrojových katalogů^{8,9,25}. To zaručuje dodržení požadované jakosti povrchu při maximálním využití možností nástroje. Při ověření výroby na stroji by následně proběhla optimalizace řezných podmínek z důvodu možných vibrací, případně hluchnosti. Otáčky a strojní časy v návodkách byly vypočítány podle vztahů 3.7 až 3.12.

- **Volba startovních řezných podmínek²⁶:**

$$n = \frac{10^3 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (3.7)$$

kde: v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],
 D – obráběný průměr [mm],
 n – otáčky obrobku [min^{-1}].

- **Výpočet strojních časů:**

- Soustružení válcových ploch a vrtání při konstantních otáčkách (řezné rychlosti)²⁶

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (3.8)$$

kde: t_{AS} – čas jednotkový strojní,
 L – celková délka automatického chodu stroje [mm],
 l_n – délka náběhu [mm],
 l_p – délka přeběhu [mm],
 f – posuv na otáčku [mm].

b) Čelní soustružení při konstantních otáčkách²⁶

$$t_{AS} = \frac{D + 2l_n + 2l_p}{2 \cdot n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (3.9)$$

c) Čelní soustružení při konstantních otáčkách pro soustružení mezikruží²⁶

$$t_{AS} = \frac{(D + 2l_n) - (d - 2l_p)}{2 \cdot n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (3.10)$$

d) Čelní soustružení při konstantní řezné rychlosti²⁶

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot (D + 2l_n + 2l_p)^2}{4 \cdot 10^3 \cdot f \cdot v_c} \quad [\text{min}] \quad (3.11)$$

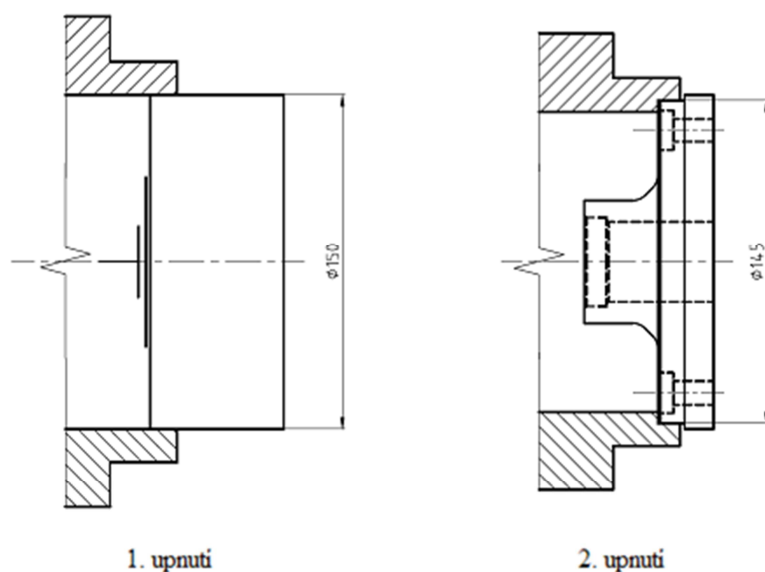
e) Čelní soustružení při konstantní řezné rychlosti pro soustružení mezikruží²⁶

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot [(D + 2l_n)^2 - (d - 2l_p)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot f \cdot v_c} \quad [\text{min}] \quad (3.12)$$

Návodky byly vypracovány pro podélné i příčné soustružení. Porovnáním strojních časů obou způsobů bylo zvoleno příčné soustružení, kde výroba jednoho kusu trvá 5,7 min. U podélného soustružení pak 5,72 min. Obě varianty návodek lze najít v přílohách 8 a 9.

3.6 Upínání obrobku

Při prvním upnutí bude obrobek upnut do standardních čelistí tříčelistového sklíčidla soustruhu za vnější průměr v délce 12 mm (zajištěno dorazem). Pro druhé upnutí po otočení obrobku bude však nutné použití upravených čelistí s vybroušenou plochou pro upnutí za průměr 145 mm. Na obrázku 3.15 jsou znázorněny obě upnutí obrobku, u druhé varianty je náčrt upravených čelistí, který by byl následně konzultován s konstruktérem.



Obr. 3.15 Způsoby upnutí obrobku.

4 ŘEŠENÍ NC PROGRAMU

Program pro výrobu součásti byl sestaven pro řídicí systém Sinumerik německé firmy Siemens AG pomocí software SinuTrain for Sinumerik Operate 4.5. Jedná se o výukový a tréninkový program, který plnohodnotně simuluje ovládací prostředí a řídicí panel stroje. Lze v něm připravovat kompletní programy pro řídicí systém Sinumerik, včetně jejich grafické simulace. Software je určen pro instalaci na osobní počítače.

4.1 Návrh a sestavení

Program je tvořen v tzv. G-kódu s využitím cyklů a vychází z výkresové dokumentace. Skládá se z jednotlivých bloků obsahujících příkazy, příklad bloku včetně popisu příkazů je uveden v tabulce 4.1. Pro zjednodušení programu se používají obráběcí cykly – hrubovací a dokončovací, pro řezání závitů, pro vrtání hlubokých děr apod. Cyklus si pomocí podprogramu popisujícího konturu obrobku a nastavených parametrů (hloubka záběru, přídávky na dokončení, opracování atd.) sám vypočítá optimální dráhy nástroje²⁷.

Tab. 4.1 Příklad bloku programu²⁷.

N20	G1	M4	X8	Z-12	T1 D1	F0.1	S2000
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Číslo bloku			5	Informace o dráze v ose Z		
2	Přípravná (hlavní) funkce (Go)			6	Funkce a korekce nástroje (Tool)		
3	Pomocná (strojní) funkce (Machine)			7	Posuvová funkce (Feed)		
4	Informace o dráze v ose X			8	Otáčková funkce (Speed)		

Tab. 4.2 Příklady G (přípravných) a M (pomocných) funkcí²⁷.

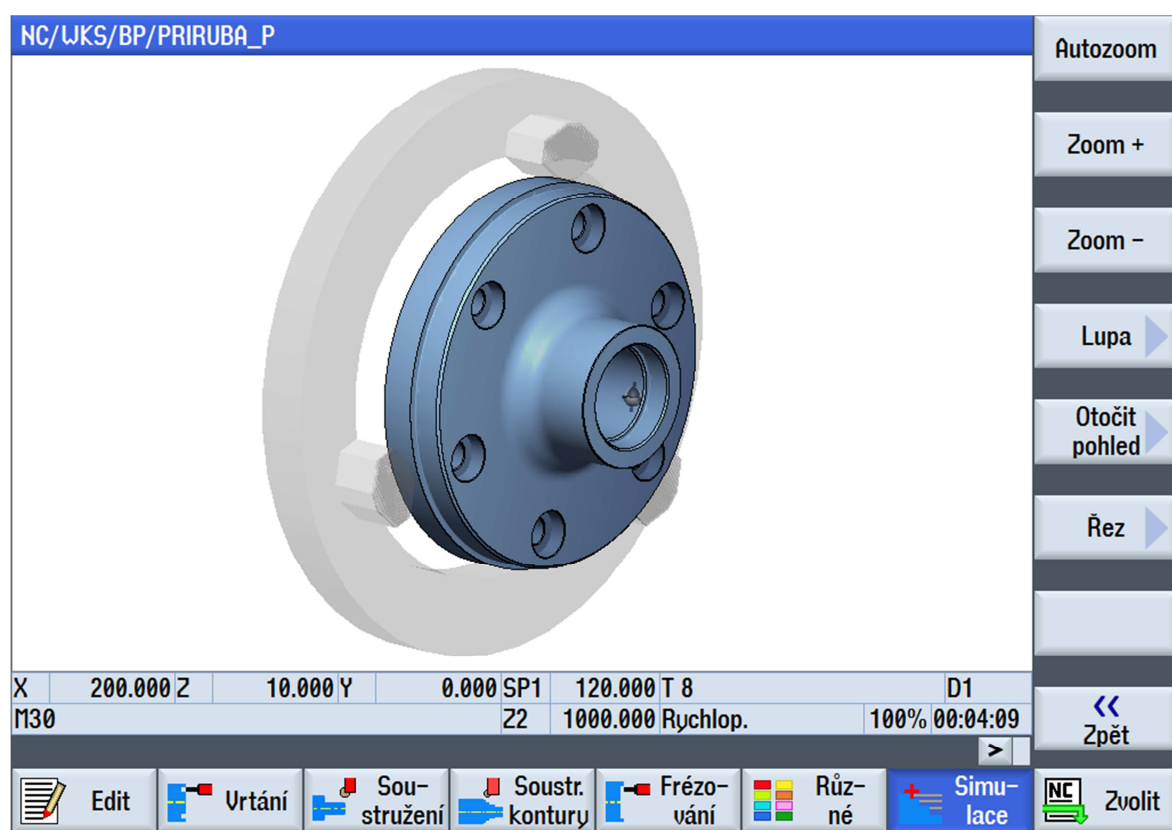
G0	Rychloposuv	M0	Programové zastavení
G1	Lineární interpolace	M3	Spuštění otáček vřetena (CW)
G2,3	Kruhová interpolace	M4	Spuštění otáček vřetena (CCW)
G17,18,19	Volba pracovní roviny	M5	Zastavení otáček vřetena
G54	Absolutní posunutí nulového bodu	M6	Výměna nástroje
G94	Posuv v milimetrech za minutu	M8	Zapnutí chlazení
G95	Posuv v milimetrech za otáčku	M9	Vypnutí chlazení
G96	Obrábění konstantní řeznou rychlostí	M17	Konec podprogramu
G97	Konstantní otáčky vřetena	M30	Konec programu

Kompletní programy včetně podprogramů ověřených pomocí simulace popsané v následující podkapitole byly vytvořeny s využitím zdrojů^{27,28} a nachází se v příloze 10.

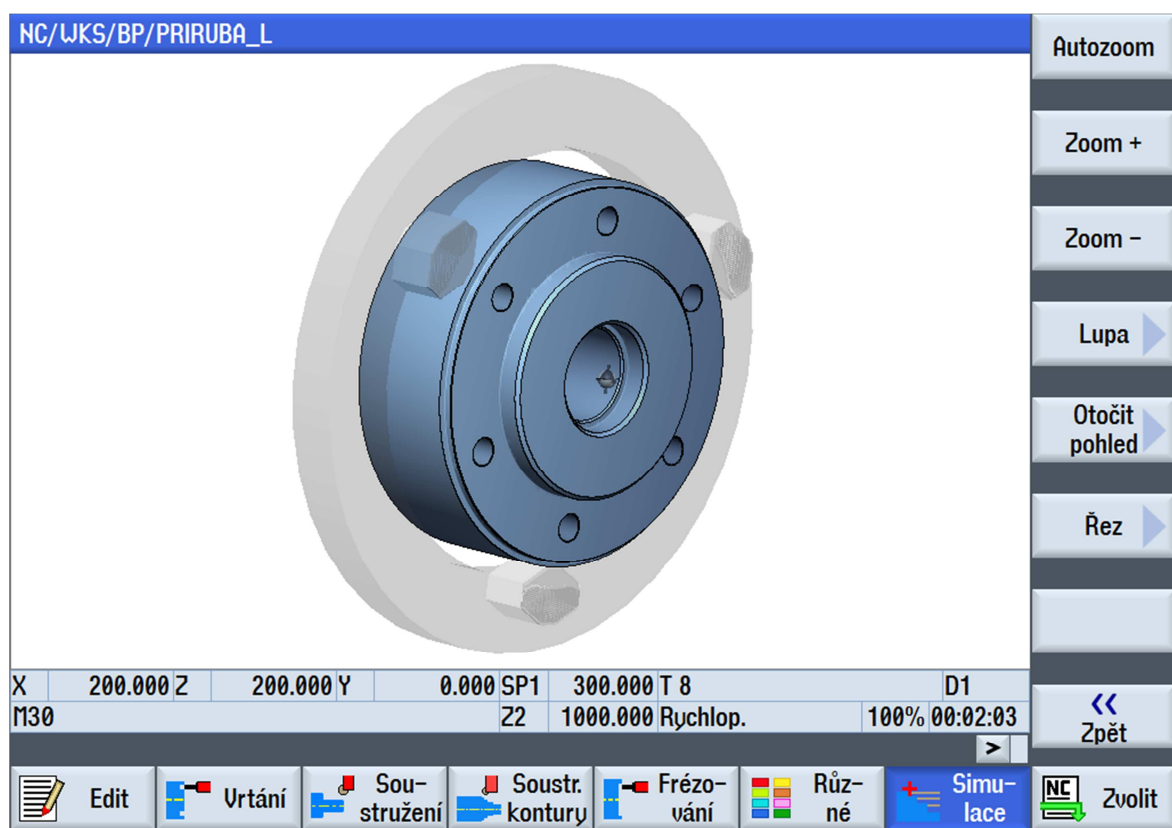
4.2 Ověření

Simulace obrábění urychlují přípravu výroby, snižují množství neshodných výrobků a eliminují možnost zničení nástroje důsledkem havárie s upínačem či obrobkem při rychloposuvu. Nastavené řezné podmínky v programu při simulaci napoví, jak bude probíhat obrábění na reálném stroji. Program následně projde odladěním a optimalizací přímo na stroji²⁷.

Simulace obrábění byla provedena v programu SinuTrain for Sinumerik Operate 4.5. Nejprve byly ověřeny možné kolize nástrojů s upínačem, na které program upozorní a poté režimem B-B (Blok po Bloku, každý řádek nutno odkliknout) zkontrolovány jednotlivé dráhy nástrojů (především bezpečnost vzdálenosti najíždění nástrojů rychloposuvem k obrobku, délky náběhů do řezu a odjezdy nástrojů). Výstupy simulace soustružení příruby jsou znázorněny na obrázcích 4.1 a 4.2.



Obrázek 4.1 Simulace soustružení operace 03/03.



Obrázek 4.2 Simulace soustružení operace 04/04.

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU

V této kapitole je řešen výpočet potřebného počtu strojů, nástrojů, pracovníků, dále směnnost, spotřeba energie a polotovaru pro operace 03/03 a 04/04 prováděné na soustruhu.

5.1 Strojní časy, výrobnost, směnnost, energie

Potřebné strojní časy pro jednotlivé nástroje při operacích 03/03 a 04/04 připadající na výrobu jedné součásti a na výrobní sérii jsou shrnuty v tabulce 5.1.

Tab. 5.1 Strojní časy.

Úsek	Nástroj (VBD)	$t_{AS} - 1 \text{ kus}$	$t_{AS} - \text{série}$
		[min]	[min]
Hrubování vnější	CNMG 120408E-M	1,73	43 139,89
Dokončování vnější	CNMG 120404E-FM	0,91	22 806,32
Soustružení vnitřní	CCMT 09T304E-FM	0,19	4 796,95
Vrtání průchozí díry	SCET 09T308-UD	0,17	4 281,70
	XPET 0903AP		
Vrtání děr po obvodu	Vrták 303DS-10,5-40-A12	0,42	10 465,12
Zahlubování děr po obvodu	Válcový záhlubník Ø 18	1,07	26 785,71
Srážení hran děr	Kuželový záhlubník Ø 25	0,41	10 222,22
Srážení hran děr	Kuželový záhlubník Ø 15	0,80	20 000
celkem		5,70	142 497,92

Jednotkový strojní čas t_{AS} představuje dobu, kdy se nástroj pohybuje pracovní posuvovou rychlostí, tedy řez, náběh a přeběh. Čas t_{AV} (jednotkový vedlejší) zahrnuje odjezdy rychloposuvem, výměnu nástrojů, manipulace a upínání obrobku, volbu programu apod. Určuje se odborným odhadem na základě zkušeností, normativních tabulek daných firmami, nebo při zkušební ověřovací výrobě. V tomto případě byl tento čas určen jako 80 % strojního času. Podle vztahu 5.1 byl vypočten tento čas na 4,56 min. Celkový čas určuje vztah 5.2.

$$t_{AV} = t_{AS} \cdot 0,8 \quad [\text{min}] \quad (5.1)$$

kde: t_{AV} – čas jednotkový vedlejší [min],
 t_{AS} – čas jednotkový strojní [min].

$$t_A = t_{AS} + t_{AV} \quad [\text{min}] \quad (5.2)$$

$$t_A = 5,7 + 4,56 = 10,26 \text{ min} = 0,171 \text{ hod}$$

kde: t_A – čas jednotkový celkový [min].

Tab. 5.2 Vstupní hodnoty propočtu.

Výrobní série	N	25 000
Roční fond strojního pracoviště	E_s	1 815 hod
Jednotkový celkový čas	t_A	0,171 hod
Celkový čas na sérii	t_k	4 275 hod
Počet směn strojního pracoviště	S_s	2
Koeficient překračování norem strojní	k_{pns}	1,2
Délka směny	t_D	8 hod
Příkon stroje	P_s	42 kW
Cena elektrické energie za 1 kWh	C_{kWh}	4,5 Kč

Roční fond strojního pracoviště je počítán pro počet pracovních dní v roce 2014 (252) při délce směny 8 hodin. Tato doba je snížena o 10 % vzhledem k možným poruchám, opravám a pravidelným údržbám a seřizením. Propočet byl proveden dle vztahů 5.3 – 5.13.

a) Potřebný počet strojů²⁹

$$P_{th} = \frac{t_k}{E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} \quad (5.3)$$

$$P_{th} = \frac{4275}{1815 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,981$$

Podle vztahu 5.3 vyšel potřebný počet strojů při dvousměnném provozu na jeden. Využití stroje je 98,1 %. Vzhledem k tomu, že se na soustruhu provádí časově nejnáročnější operace, bude dostatečný i počet pásových pil a brusek (po jednom kusu).

b) Potřebný počet dělníků²⁹

$$D_{VST} = \frac{t_k}{E_s \cdot k_{pns}} \quad (5.4)$$

$$D_{VST} = \frac{4275}{1815 \cdot 1,2} = 1,963$$

Podle vztahu 5.4 vyšel potřebný počet dělníků na dva.

c) Energie²⁹

$$E = P_s \cdot E_s \cdot S_s \quad [kWh] \quad (5.5)$$

$$E = 42 \cdot 1815 \cdot 2 = 152460 \text{ kWh}$$

- Celková cena za provoz stroje:

$$C = C_{kWh} \cdot E_s \quad [Kč] \quad (5.6)$$

$$C = 4,5 \cdot 152460 = 686070 \text{ Kč}$$

Podle vztahů 5.5 a 5.6 vyšla celková spotřebovaná energie 152 460 kWh, což představuje cenu 686 070 Kč.

d) Výpočet ploch²⁹

Rozměry jednotlivých strojů byly navýšeny o 1,2 m na délku a 1,8 m na šířku jako pracovní plocha, tyto údaje jsou uvedeny v tabulce 5.3.

Tab. 5.3 Rozměry strojů.

Stroj	Délka [m]	Šířka [m]	Plocha [m ²]
TRENS SE 820 NUMERIC	8,15	4,12	33,58
PEGAS 290x290 A-CNC-F	3,3	3,9	12,87
JUNKER EJ29 SILVER	4,85	3,96	19,21
Výrobní plocha F _v			65,66

- Pomocná podlahová plocha²⁹:

$$F_p = 0,5 \cdot F_v \quad [m^2] \quad (5.7)$$

$$F_p = 0,5 \cdot 65,66 = 32,83 \text{ m}^2$$

- Plocha pro hospodaření s nářadím²⁹:

$$F_{phn} = 0,15 \cdot F_p \quad [m^2] \quad (5.8)$$

$$F_{phn} = 0,15 \cdot 32,83 = 4,93 \text{ m}^2$$

- Plocha údržby²⁹:

$$F_{pú} = 0,15 \cdot F_p \quad [m^2] \quad (5.9)$$

$$F_{pú} = 0,15 \cdot 32,83 = 4,93 \text{ m}^2$$

- Plocha skladů²⁹:

$$F_{pskl} = 0,29 \cdot F_p \quad [m^2] \quad (5.10)$$

$$F_{pskl} = 0,29 \cdot 32,83 = 9,5 \text{ m}^2$$

- Plocha dopravních cest²⁹:

$$F_{pdc} = 0,33 \cdot F_p \quad [m^2] \quad (5.11)$$

$$F_{pdc} = 0,33 \cdot 32,83 = 10,83 \text{ m}^2$$

- Kontrolní plocha²⁹:

$$F_{pk} = 0,08 \cdot F_p \quad [m^2] \quad (5.12)$$

$$F_{pk} = 0,08 \cdot 32,83 = 2,63 \text{ m}^2$$

- Celková provozní podlahová plocha²⁹:

$$F_{pr} = F_v + F_p \quad [m^2] \quad (5.13)$$

$$F_{pr} = 65,66 + 32,83 = 98,49 \text{ m}^2$$

5.2 Polotovary

Návrh polotovaru je podrobně řešen v kapitole 3.1. Výpočet normy spotřeby materiálu je uveden v příloze 2 a důležité hodnoty z tohoto výpočtu jsou shrnuty v tabulce 3.1. Celkový počet tyčí na sérii bude navýšen o jednu tyč na 512 kusů pro případ většího množství neshodných výrobků. Tento počet může být v průběhu výroby série podle průměrného počtu neshodných výrobků upraven.

Tab. 5.3 Důležité údaje o polotovaru.

Materiál	ČSN 11 416.1 (W.Nr. 1.0432, EN P265GH)
Rozměry tyče	Ø 150 x 3 000 mm
Rozměry přířezů	Ø 150 x 60 mm
Hmotnost tyče	415,7 kg
Hmotnost přířezu	8,313 kg
Počet přířezů z tyče	49
Počet tyčí pro výrobu série	512
Stupeň využití materiálu	0,302

5.3 Nástroje

Potřebný počet destiček a monolitních nástrojů pro výrobu série je uveden v tabulce 5.4. Tento počet byl zaokrouhlen a navýšen o 5 % jako rezerva. Držáky pro nástroje s VBD jsou zakoupeny vždy po dvou (jeden náhradní pro případ zničení, např. kolizí s obrobkem).

Trvanlivost řezného nástroje představuje součet všech časů v řezu až do opotřebení břitu nástroje na předem určenou hodnotu vybraného kritéria (kritérium opotřebení a jeho hodnota musí být stanoveny tak, aby vyráběný obrobek měl požadovaný tvar, rozměry a kvalitu povrchu, a to po celou dobu trvanlivosti nástroje). Životnost nástroje je pak definována jako součet všech jeho trvanlivostí (podle počtu břitů)²⁶.

Tab. 5.4 Potřebný počet nástrojů.

Nástroj (VBD)	Počet břitů	t_{AS}	Trvanlivost	Životnost	Počet nástrojů
		[min]	[min]	[min]	
CNMG 120408E-M	4	43 139,89	45	180	260
CNMG 120404E-FM	4	22 806,32	15	60	400
CCMT 09T304E-FM	2	4 796,95	15	30	170
SCET 09T308-UD	4	4 281,70	60	240	30
XPET 0903AP	4	4 281,70	60	240	30
Vrták 303DS -10,5-40-A12	1	10 465,12	30	30	370
Válcový záhlubník Ø 18	1	26 785,71	30	30	940
Kuželový záhlubník Ø 25	1	10 222,22	30	30	360
Kuželový záhlubník Ø 15	1	20 000	30	30	700

U VBD pro hrubovací operace byla trvanlivost ztrojnásobena (dle katalogů firmy Pramet^{8,9}), a to z toho důvodu, že při hrubování není rozhodující dodržení garantované kvality povrchu, ale schopnost odebrat třísku. Trvanlivost může být po ověření ještě prodloužena, což ušetří náklady na nákup nástrojů. Ostatní hodnoty trvanlivostí jsou předepsané podle startovních řezných podmínek z katalogů.

6 DISKUZE

Tato práce je zaměřena na návrh výroby příruby s využitím povlakovaných nástrojů.

6.1 Polotovar

Polotovarem byla zvolena kruhová tyč z materiálu 11 416.1 (zaručená svařitelnost, žárupevný), o průměru 150 mm, délce 3 000 mm a hmotnosti 415,7 kg. Stupeň využití materiálu 0,302 je nízký, při zadané sériovosti 25 000 ks za rok by bylo vhodné uvažovat o polotovaru z výkovku. Návrhem výkovku se zabývá kapitola 3.1.2. Dále je počítáno s tyčovým polotovarem kvůli snadné dostupnosti u běžných dodavatelů hutního materiálu.

6.2 Stroje a nástroje

Pro výrobu součásti budou potřeba tři stroje. Pro dělení tyčí na přířezy o délce 60 mm byla zvolena pásová pila PEGAS 290x290 A-CNC-F. Pro soustružnické operace byl vybrán stroj TRENS SE 820 NUMERIC s řídicím systémem SINUMERIK 840D. Velkou výhodou tohoto soustruhu je možnost mimoosového vrtání. Tím odpadá nutnost použití vrtačky a obsluha tak do procesu výroby zasahuje minimálně. Případná změna výroby je bez problémů možná díky velké univerzálnosti strojů. Rovněž je vhodné uvažovat o doplňkové výrobě na broušicím stroji JUNKER EJ29 SILVER z důvodu nevyužití jeho plné kapacity.

Nástroje s VBD byly vybrány od tuzemského výrobce Pramet Tools z nové řady povlakovaných materiálů UP!GRADE. Monolitní nástroje značky GARANT jsou k dostání v dodavatelské síti Hoffmann-Group. Potřebný počet nástrojů je shrnut v kapitole 5.3. Předpokladem pro přesnost a kvalitu obrábění je použití kvalitních procesních kapalin pro dostatečné chlazení a mazání při odebrání třísky a také pro odvod třísky (u vrtání). Doporučené hodnoty pro chlazení při vrtání podle katalogu Pramet jsou: tlak kapaliny 10 bar, koncentrace emulze 6 – 8 %. U hrubovacích operací byla životnost nástrojů ztrojnásobena, po odzkoušení může být trvanlivost ještě prodloužena, což ušetří náklady na nástroje.

6.3 Výrobní postup, NC program a zhodnocení

Výrobní postup obsahující veškeré informace pro výrobu součásti byl sestavován s ohledem na co nejmenší počet upnutí, což eliminuje možné chyby při přepínání součásti a přispívá k dodržení rozměrových a geometrických tolerancí. NC program byl úspěšně ověřen pomocí grafické simulace softwaru SinuTrain. Dále je nutné program (včetně řezných podmínek) odladit při výrobě na stroji (vibrace, náběhy do řezu, dlouhé přejezdy apod.).

Pro zhotovení výrobní série je zapotřebí jeden CNC soustruh při dvousměnném provozu. Roční fond strojního pracoviště je o 10 % snížen z důvodu pravidelných oprav a seřízení stroje. Vzhledem k vysokému využití soustruhu (98,1 %) by bylo nutné při delší odstávce (např. vinou poruchy stroje) zavedení dočasného třísměnného provozu.

6.4 Další směry řešení, ekologie

Dále by bylo vhodné zmínit se o ekologii výroby. Pro maximální šetrnost k životnímu prostředí lze použít příslušenství k CNC stroji jako je centrifuga pro čištění odpadových třísek, odsavač olejových mlhovin a separátor úkapových olejů. Centrifuga slouží pro očištění třísek od procesních kapalin, které se mohou znovu vrátit do stroje. Zvýší se tím i cena výkupu ocelových třísek. Odsavač mlhovin zabraňuje znečišťování stroje a jeho okolí olejovými mlhovinami a tím i nežádoucí a nebezpečné vdechování obsluhou stroje. Separátor úkapových olejů slouží pro čištění kontaminovaných procesních kapalin vracejících se zpět do obráběcího procesu od olejů pro mazání stroje. Toto příslušenství nebylo z důvodu rozsahu této práce řešeno. Použité nástroje budou vráceny do výkupu firmy Pramet.

ZÁVĚR

Ze stručného přehledu problematiky nanášení povlaků metodami PVD a CVD uvedeného v první části práce vyplývá několik poznatků:

- slinuté karbidy budou mít i nadále rozhodující podíl na výrobě řezných materiálů,
- stále více budou využívány multivrstvé povlaky nanesené metodou PVD,
- z metod CVD se budou dále rozvíjet ty se sníženou teplotou deponování.

Následně je řešen návrh technologie soustružení pro výrobu součásti typu příruba s využitím povlakovaných nástrojů, výsledky jsou shrnuty do několika bodů:

- pro výrobu součásti nebude zapotřebí použití nekonvenčních technologií – na zvoleném CNC soustruhu je vyrobitelná, pouze díra pro ložisko musí být broušena,
- polotovarem byla zvolena kruhová tyč o rozměrech $\varnothing 150 \times 3\,000$ mm a hmotnosti 415,7 kg z oceli ČSN 11 416.1 (W.Nr. 1.0432, EN P265GH), dělena bude pásovou pilou na přířezy o délce 60 mm a hmotnosti 8,313 kg, využití materiálu je 0,302,
- do procesu obrábění jsou zařazeny vhodné nástroje firmy Pramet Tools z nové řady povlakovaných materiálů s označením UP!GRADE, monolitní nástroje pro výrobu zahloubených děr budou upnuty do poháněných nástrojových držáků,
- porovnáním strojních časů z návodů byl zvolen příčný směr soustružení (5,7 min),
- NC program byl úspěšně ověřen grafickou simulací, dále musí být odladěn při zkušební výrobě na stroji včetně optimalizace řezných podmínek,
- k dodržení výrobní série 25 000 kusů za rok je zapotřebí dvousměnný provoz s využitím soustruhu 98,1 %, na brousicím stroji bude uvažována doplňková výroba.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. Přeložil Miroslav Kudela. Praha: Scientia, 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.
2. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
3. XU, Yongdong a Xiu-Tian YAN. *Chemical Vapour Deposition: An Integrated Engineering Design for Advanced Materials*. London: Springer, 2010. 316 s. ISBN 978-1-84882-893-3.
4. OERLIKON BALZERS COATING AUSTRIA, GmbH. *Technologie povlakování* [online]. ©2006-2010 oerlikon balzers [vid. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://www.oerlikonbalzerscoating.com/bcz/cze/01-products-services/03-coating-technology/indexW3DnavidW261.php>
5. SHINMAYWA INDUSTRIES, Ltd. *Mechanism of the vacuum thin film coating system* [online]. ©2014 ShinMaywa Industries [vid. 2014-02-11]. Dostupné z: http://www.shinmaywa.co.jp/vac/vac_e/vacuum/vacuum_2.html
6. PRAMET TOOLS, s.r.o. *O společnosti* [online]. ©2014 Pramet Tools [vid. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/o-spolecnosti.html>
7. PRAMET TOOLS, s.r.o. *UP!GRADE vašeho obrábění* [online]. 1. 4. 2013 Pramet Tools [vid. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/o-spolecnosti.html>
8. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Soustružení* [online]. 2014 Pramet Tools, s.r.o., Šumperk, [vid. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=574>
9. PRAMET TOOLS, s.r.o. *Obrábění dř* [online]. 2014 Pramet Tools, s.r.o., Šumperk [vid. 2014-02-22]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/download.php?id=604>
10. WALTER AG. *Produktová příručka: Tiger-tec® Silver Soustružení* [online]. 23. 2. 2012 Walter AG [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/manuals/cs-cz/handbook-tts-iso-p-turning-2012-cz.pdf>
11. WALTER AG. *Doplňkový katalog* [online]. 6. 2. 2014 Walter AG [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.walter-tools.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/catalogues/cs-cz/supplement-catalogue-2013-cz.pdf>
12. SECO TOOLS AB. *Co je Duratomic®?* [online]. ©2014 Seco Tools [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/cs/Global/Products/Milling1/General-Turning/What-is-Duratomic/>
13. SECO TOOLS AB. *Soustružení* [online]. 2012 Seco Tools AB [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/turning/Turning%202012_CZ_LR.pdf
14. SECO TOOLS AB. *Obrábění otvorů* [online]. 2012 Seco Tools AB [vid. 2014-03-02]. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/holemaking/LR_CZ_Holemaking.pdf
15. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.

FSI VUT	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	List	39
---------	------------------	------	----

16. POLZER, Aleš a Petra CIHLÁŘOVÁ. *Broušení* [online]. Studijní opora. Technologie výroby II. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 20 s. Dostupné z: <http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/Cv/Cv10.pdf>
17. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 2. vyd. Úvaly: Albra, 2005. 906 s. ISBN 80-7361-011-6.
18. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Konstrukční oceli*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 1996. 261 s. ISBN 80-85867-95-8.
19. PAVLOK, Bohuslav. *Potrubní systémy a armatury* [online]. Studijní opora. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2011 [vid. 2014-03-16]. Dostupné z: http://www.338.vsb.cz/PDF/Dil1_Pav.pdf
20. DVOŘÁK, Milan a Michaela MAREČKOVÁ. *Technologie tváření* [online]. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2006 [vid. 2014-03-20]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/index.htm
21. PEGAS-GONDA, s.r.o. *290x290 A-CNC-F* [online]. 1. 9. 2012 Pegas-Gonda, s.r.o. [vid. 2014-03-22]. Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/pily_data/pdf/td/cz_290x290_a-cnc-f.pdf
22. TRENS SK, a.s. *SE 820 NUMERIC CNC SÚSTRUH* [online]. Trens SK [vid. 2014-03-22]. Dostupné z: http://www.trens.sk/sites/default/files/imce/download/se820_numeric_.pdf
23. JUNKER, GmbH. *EJ29 silver* [online]. Juner GmbH. [vid. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.junker-group.de/cz/downloadportal/maschinen-prospekte.php23>
24. SAUTER, GmbH. *SAUTER CAPTO* [online]. Sauter Feinmechanik GmbH. [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.sauter-feinmechanik.com/en/capto.html>
25. HOFFMANN, GmbH. *Hlavní katalog* [online]. Hoffmann GmbH, Munich, Germany. 1. 8. 2013. [vid. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.hoffmann-group.com/cz/produkty/katalog-naradi.html>
26. HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část* [online]. Studijní opora. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003 [vid. 2014-03-28]. 138 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
27. ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
28. SIEMENS AG. *SINUMERIK 810D/840D/840Di: Příručka pro začínající uživatele: Frézování a soustružení* [online]. 10/2003 Siemens Akciová společnost [vid. 2014-04-02]. Dostupné z: http://sst.opava.cz/pernikar/nove_www/Sinumeric/uvod.PDF
29. *Technologický projekt dílny* [online]. Podklady do cvičení. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství [vid. 2014-04-12]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologicke_projektovani_navody.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

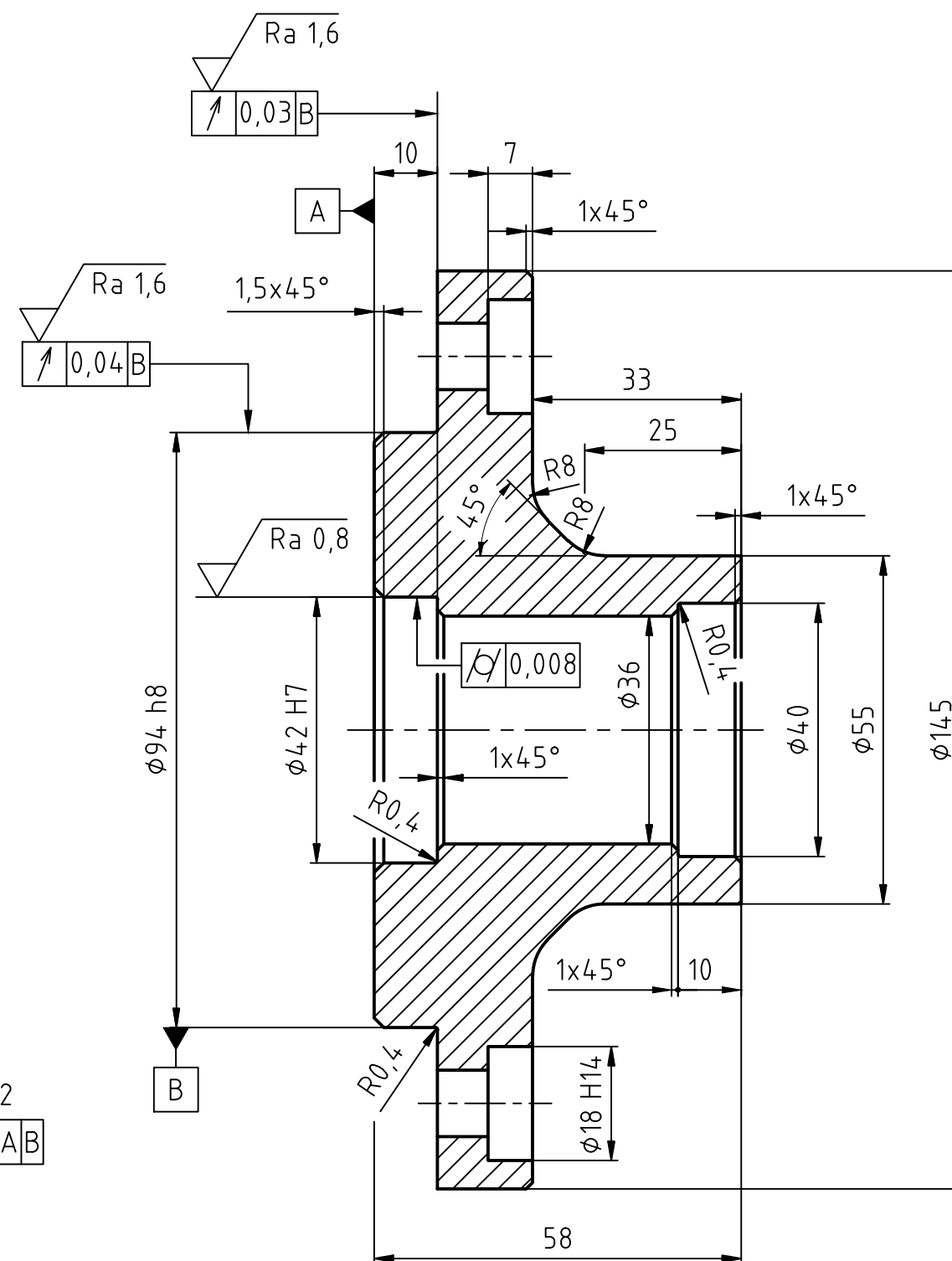
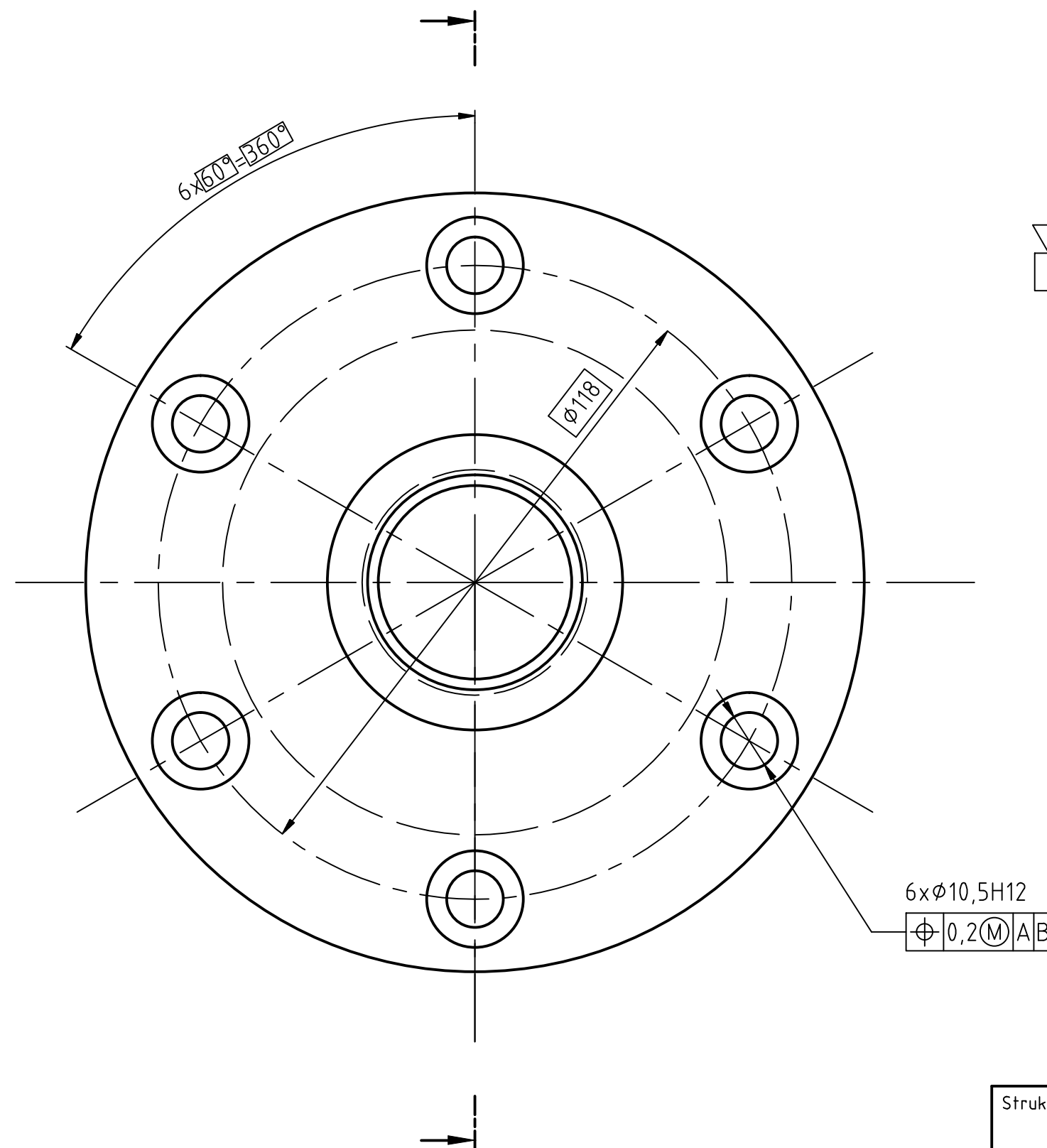
Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	computer numerical control
CVD	[-]	chemical vapour deposition
ČSN	[-]	Česká státní norma
EN	[-]	evropská norma
HFCVD	[-]	hot filament chemical vapour deposition
ISO	[-]	international organization for standardization
LICVD	[-]	laser induced chemical vapour deposition
LPCVD	[-]	low pressure chemical vapour deposition
MT-CVD	[-]	middle temperature chemical vapour deposition
NC	[-]	numerical control
OTK	[-]	oddělení technické kontroly
PACVD	[-]	plasma activated chemical vapour deposition
PVD	[-]	physical vapour deposition
SK	[-]	slinutý karbid
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička

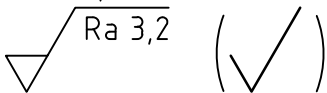
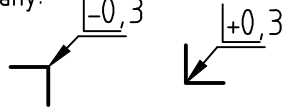

Symbol	Jednotka	Popis
C	[kč]	cena za provoz stroje
C_{kWh}	[kč]	cena elektrické energie za 1 kWh
D	[mm]	obráběný průměr
D_{VST}	[-]	potřebný počet dělníků
E	[kWh]	spotřebovaná energie
E_s	[hod]	roční fond strojního pracoviště
F_p	[m ²]	pomocná podlahová plocha
F_{pdc}	[m ²]	plocha dopravních cest
F_{phn}	[m ²]	plocha pro hospodaření s náradím
F_{pk}	[m ²]	kontrolní plocha
F_{pr}	[m ²]	celková provozní podlahová plocha
F_{pskl}	[m ²]	plocha skladů
$F_{pú}$	[m ²]	plocha údržby
F_v	[m ²]	plocha výrobní
H_j	[-]	jakost povrchu
IT	[-]	stupeň přesnosti
L	[mm]	celková délka automatického chodu stroje
N_m	[kg]	norma spotřeby materiálu
P_i	[-]	IT číslo dané operace

P_s	[kW]	příkon stroje
P_{th}	[-]	potřebný počet strojů
Q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče
Q_p	[kg]	hmotnost polotovaru
Q_s	[kg]	hmotnost výrobku
R_a	[μ m]	střední aritmetická hodnota drsnosti
S_s	[-]	počet směn strojního pracoviště
U_h	[-]	ukazatel jakosti povrchu obráběné plochy
U_m	[-]	ukazatel využití materiálu
U_p	[-]	ukazatel průměrné přesnosti
Z_m	[kg]	celkové ztráty materiálu na jednici
a_p	[mm]	hloubka řezu
f	[mm]	posuv na otáčku
k_m	[-]	stupeň využití materiálu
k_{pns}	[-]	koefficient překračování norem strojní
l_n	[mm]	délka náběhu
l_o	[mm]	délka ostří
l_p	[mm]	délka přeběhu
l_t	[mm]	délka tyče
n	[min^{-1}]	otáčky
n_c	[-]	četnost výskytu všech ukazatelů
n_i	[-]	četnost výskytu určitého ukazatele
n_p	[-]	počet přířezů z tyče
n_{se}	[-]	velikost výrobní série
n_t	[-]	počet tyčí
q_k	[kg]	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče na jednici
q_o	[kg]	ztráta vzniklá obráběním přídavku
q_u	[kg]	ztráta materiálu vzniklá dělením na jednici
r_E	[mm]	rádius špičky nástroje
t_A	[min]	jednotkový celkový čas
t_{AS}	[min]	strojní čas
t_{AV}	[min]	vedlejší čas
t_D	[hod]	délka směny
t_k	[hod]	celkový čas na sérii
v_c	[$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	řezná rychlost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres součásti
Příloha 2	Výpočet normy spotřeby materiálu
Příloha 3	Výkres výkovku pro výrobu polotovaru
Příloha 4	Technické údaje použitých strojů
Příloha 5	Systém značení nožů a VBD ISO
Příloha 6	Technické údaje poháněného držáku SAUTER 0.5.922.104-TY03
Příloha 7	Výrobní postup
Příloha 8	Návodky pro podélné soustružení
Příloha 9	Návodky pro příčné soustružení
Příloha 10	NC program pro výrobu součásti



Struktura povrchu: 		Hrany: 		Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-MH
					Tolerování ISO 8015
					Promítání 
Materiál ČSN 11 416.1	Polotovár	Ø150X60 ČSN 42 5510	Hmotnost	2,5 kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016
ÚST FSI VUT v Brně	Druh dokumentu	VÝKRES SOUČÁSTI	Název PŘÍRUBA		PŘÍLOHA 1
	Kreslil				
	Schválil	Číslo dokumentu 3-3P3-7/4.2			
	Datum vydání				1. 2. 2013

a) Pro délku tyče 3000 mm

- Hmotnost hotové součásti: $Q_s = 2,564 \text{ kg}$
(z programu Autodesk Inventor Professional 2010)
- Hmotnost polotovaru: $Q_p = 8,313 \text{ kg}$
(z programu Autodesk Inventor Professional 2010)
- Ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici:

$$q_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot u \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 150^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,125 \text{ kg}$$

u – prořez materiálu [mm]

- Ztráta materiálu vzniklá obráběním:
 $q_o = Q_p - Q_s = 8,313 - 2,564 = 5,749 \text{ kg}$

- Počet přířezů z jedné tyče:

$$n_c = \frac{l_t}{l_{př}} = \frac{3000}{60 + 0,9} = 49,26 = 49 \text{ ks}$$

l_t – délka tyče [mm]

$l_{př}$ – délka přířezu [mm]

- Potřebný počet tyčí pro výrobní sérii:

$$t_{celk.} = \frac{n_{ser}}{n} = \frac{25000}{49} = 510,2 = 511 \text{ ks}$$

n_{ser} – velikost výrobní série

- Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyčí:

Délka nevyužitého konce jedné tyče:

$$l_{k1} = 3000 - 60,9 \cdot 49 = 15,9 \text{ mm}$$

Délka nevyužitého konce poslední tyče:

$$l_{k2} = 3000 - 60,9 \cdot 10 = 2391 \text{ mm}$$

Celková délka nevyužitých konců tyčí:

$$l_k = l_{k1} \cdot 510 + l_{k2} \cdot 1 = 15,9 \cdot 510 + 2391 \cdot 1 = 10500 \text{ mm}$$

Celková hmotnost nevyužitých konců tyčí:

$$Q_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l_k \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = \frac{\pi \cdot 150^2}{4} \cdot 10500 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 1455,83 \text{ kg}$$

Hmotnost nevyužitých konců tyčí připadající na jednici:

$$q_k = \frac{Q_k}{n_{ser}} = \frac{1455,83}{25000} = 0,058 \text{ kg}$$

- Norma spotřeby materiálu:

$$N_m = Q_p + q_u + q_k = 8,313 + 0,125 + 0,058 = 8,496 \text{ kg}$$

- Stupeň využití materiálu:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{2,564}{8,496} = 0,302$$

b) Pro délku tyče 6000 mm

- Hmotnost hotové součásti:

(z programu Autodesk Inventor Professional 2010)

$$Q_s = 2,564 \text{ kg}$$

- Hmotnost polotovaru:

(z programu Autodesk Inventor Professional 2010)

$$Q_p = 8,313 \text{ kg}$$

- Ztráta materiálu vzniklá dělením, připadající na jednici:

$$q_u = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot u \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 150^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 0,125 \text{ kg}$$

u – prořez materiálu [mm]

- Ztráta materiálu vzniklá obráběním:

$$q_o = Q_p - Q_s = 8,313 - 2,564 = 5,749 \text{ kg}$$

- Počet přířezů z jedné tyče:

$$n_c = \frac{l_t}{l_{př}} = \frac{6000}{60 + 0,9} = 98,52 = 98 \text{ ks}$$

l_t – délka tyče [mm]

$l_{př}$ – délka přířezu [mm]

- Potřebný počet tyčí pro výrobní sérii:

$$t_{celk.} = \frac{n_{ser}}{n} = \frac{25000}{98} = 255,1 = 256 \text{ ks}$$

n_{ser} – velikost výrobní série

- Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyčí:

Délka nevyužitého konce jedné tyče:

$$l_{k1} = 6000 - 60,9 \cdot 98 = 31,8 \text{ mm}$$

Délka nevyužitého konce poslední tyče:

$$l_{k2} = 6000 - 60,9 \cdot 10 = 5391 \text{ mm}$$

Celková délka nevyužitých konců tyčí:

$$l_k = l_{k1} \cdot 255 + l_{k2} \cdot 1 = 31,8 \cdot 255 + 5391 \cdot 1 = 13500 \text{ mm}$$

Celková hmotnost nevyužitých konců tyčí:

$$Q_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l_k \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = \frac{\pi \cdot 150^2}{4} \cdot 13500 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 1871,78 \text{ kg}$$

Hmotnost nevyužitých konců tyčí připadající na jednici:

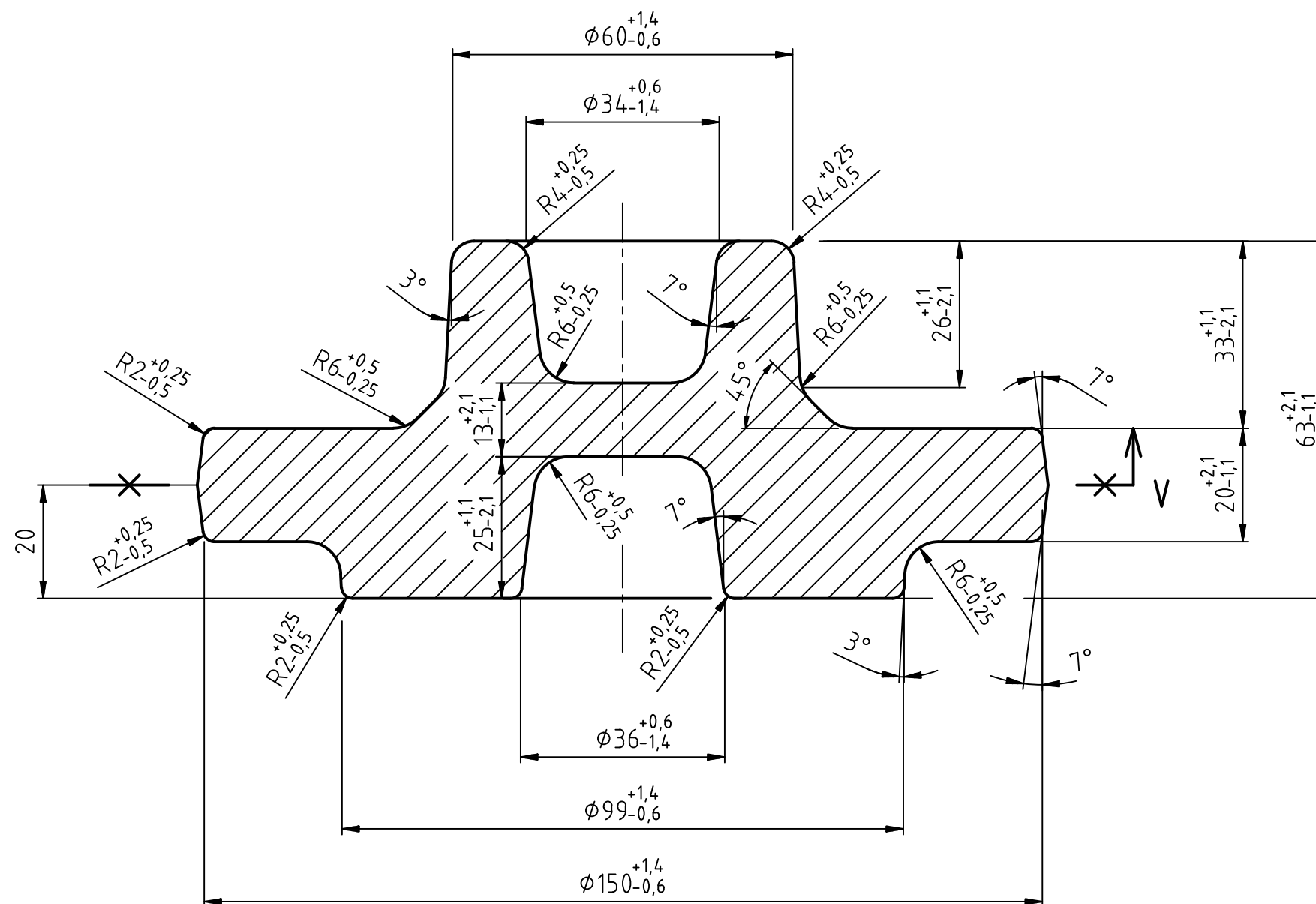
$$q_k = \frac{Q_k}{n_{ser}} = \frac{1871,78}{25000} = 0,075 \text{ kg}$$

- Norma spotřeby materiálu:



$$N_m = Q_p + q_u + q_k = 8,313 + 0,125 + 0,075 = 8,513 \text{ kg}$$

- Stupeň využití materiálu:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{2,564}{8,513} = 0,301$$



STUPEŇ PŘESNOSTI KOVÁNÍ F EN 10242-1

Struktura povrchu: <div> Ra 25</div>		Hrany:		Měřítko 1:1	Přesnost
					Tolerování
					Promítání 
Materiál ČSN 11 416.1	Polotovar Č.Z. 12/08		Hmotnost 3 kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016	
ÚST FSI VUT v Brně	Druh dokumentu	VÝKRES VÝKOVKU		Název	PŘÍLOHA 3
	Kreslil	RADEK MARŠÁLEK		PŘÍRUBA	
	Schválil			Číslo dokumentu	
	Datum vydání	10. 4. 2013		3-3P3-7/4.2	
List /					

TRENS SE 820 NUMERIC

Technické parametre

Zdroj: TRENS SK, a.s. *SE 820 NUMERIC CNC SÚSTRUH* [online].
Trens SK [vid. 2014-03-22]. Dostupné z: http://www.trens.sk/sites/default/files/imce/download/se820_numeric_.pdf

Pracovný rozsah

Vzdialenosť hrotov	2000, 3000, 4000, 6000, 8000 mm
Obežný priemer nad lôžkom	800 mm
Obežný priemer nad suportom	515 mm
Priemer skľučovadla	400/500* mm

Vreteno

Vřtanie vřetena	133 mm
Ukončenie vřetena	STN ISO 702/I A2-11 STN ISO 702/II C11*
Rozsah 1.prevodový stupeň	1-415 min ⁻¹
Rozsah 2.prevodový stupeň	1-1600 min ⁻¹

Pohon vřetena

Výkon hlavného motora S1	22/30* kW
Výkon hlavného motora S6-40%	33/45* kW
Krútiaci moment M _{kmax} S6-40%	2965/4040* N
Maximálne otáčky vřetena	1600 min ⁻¹
Počet prevodových stupňov	2

Suporty

Pracovný posuv priečného suportu	1 - 3000 mm.min ⁻¹
Rýchloposuv priečného suportu	5000 mm.min ⁻¹
Pracovný posuv pozdĺžneho suportu	1 - 5000 mm.min ⁻¹
Rýchloposuv pozdĺžneho suportu	6000 mm.min ⁻¹ (5000 pre VH4000)
Zdvih priečného suportu	405 mm
Zdvih pozdĺžneho suportu	1925, 2925, 3925, 5925, 7925 mm

Nástrojový systém

Upínač nástrojov	MultiSuisse D
------------------	---------------

Koník

Priemer hrotovej objímky	120 mm
Vnútny kužel hrotovej objímky	Mk 6
Zdvih hrotovej objímky	210 mm

Riadiace systémy

SIEMENS 810D ManualTurn
SIEMENS 840D Solution Line Manual Machine*
SIEMENS 840D Solution Line ShopTurn*
FANUC Oi-TD Manual Guide i*
HEIDENHAIN 4110 ManualPlus*

Rozmery stroja

Šírka x Výška	2325 x 2115 mm
Dĺžka s misou - vzdialenosť hrotov	2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 6665, 8725, 10785 mm

Hmotnosť (bez zvláštneho príslušenstva)

7000, 8000, 9000, 11000, 13000 kg

Štandard

- napätie 3x400V/50Hz
- riadiaci systém a pohony SIEMENS 810D MANUAL TURN
- koník s nadľahčovacím zariadením
- vzdialenosť hrotov 2 000 mm
- upínač nástrojov MultiSuisse D s držiakom D1D 40180
- krytovanie pracovného priestoru proti odletujúcim trieskam a chladiacej kvapaline s bezpečnostným protiprierazovým sklom
- automatické uzamykanie predných dverí
- halogénové osvetlenie pracovného priestoru
- ovládací panel
- kompletne chladiace zariadenie s nádržou
- misa na triesky
- automatické centrálné mazanie klzných vedení a pohybových skrutiek
- automatické radenie otáčkových stupňov
- súprava náradia na obsluhu stroja
- 1x návod na obsluhu v elektronickej podobe

Zvláštne vyhotovenia

- stroj so vzdialenosťou hrotov 3000, 4000, 6000, 8000 mm
- 8 - polohová nástrojová hlava SAUTER (VDI 50)
- 8 - polohová nástrojová hlava SAUTER s poháňanými nástrojmi (VDI 50)
- 3 alebo 4-čelustové hydraulické upínanie ROEHM 315
- 3 alebo 4-čelustové hydraulické upínanie ROEHM 400
- klieštinové upínanie
- zadné mechanické skľučovadlo pre upínanie tyčového materiálu
- aretačná brzda vřetena
- C-os so samostatným servopohonom
- dopravník triesok
- vyhotovenia pre rôzne napätia 3x220V/50Hz, 3x220V/60Hz, 3x400V/60 Hz, 3x575V/50 Hz, 3x575V/60Hz

Zvláštne príslušenstvo

- opierka pohyblivá s Ø 20 - 180 mm
- opierky pevné s Ø 20-180 mm, 30-210 mm, 210-370 mm a 365-520 mm
- valivé vložky opierok
- 3-čelustové mechanické skľučovadlo s Ø 400 mm
- 4-čelustové mechanické skľučovadlo s Ø 400 mm
- 3-čelustové mechanické skľučovadlo s Ø 500 mm
- 4-čelustové mechanické skľučovadlo s Ø 500 mm
- náhradné tvrdé i mäkké čeluste pre skľučovadlá
- upínacia doska hladká
- upínacia doska 4-čelustová
- otočný hrot MK6
- nožové držiaky pre upínače nástrojov
- držiak vyvrtávacej tyče s priemerom 80 mm
- kotevný materiál
- prenášacie zariadenie
- prenosný panel
- voľné kontúrové programovanie
- identifikácia zbytkového materiálu
- jazykové mutácie systému
- programovací manuál pre riadiaci systém
- návod na obsluhu (ďalšie sady)

* OPCIA

Environmentálne pohony

Použitie najmodernejších pohonov s rekuperáciou energie umožňuje pri brzdení vřetena využiť kinetickú energiu rotujúcich častí stroja a rekuperovať ju na elektrickú energiu, ktorá sa vráti späť do siete. Efektom pre užívateľa je nižšia spotreba elektrickej energie pri prevádzke stroja. Úspora v závislosti od typu a technologického využívania stroja môže predstavovať 500 až 1300 EUR ročne, čo pri 10 ročnej prevádzke môže priniesť celkovú úsporu elektrickej energie až 13 000 EUR.



Vysoce produktivní automatická, hydraulicky ovládaná pásová pila s vícenásobným podáváním materiálu. Délka i počet kusů je zadáván z ovládacího panelu. Stroj si sám volí počet podání a provádí potřebné výpočty. Systém umožňuje zadání 9 programů pro rychlé nastavování délek, případně variantu automatické změny rozměru pro dělení několika přířezů z jedné tyče. Pila umožňuje volbu mezi automatickým a poloautomatickým režimem, kdy jsou veškeré pohyby ovládané nezávisle.

Pila je určena pro dělení materiálu v kolmých řezech.

Nalézá uplatnění v sériové výrobě a vzhledem ke své robustní konstrukci umožňuje dělení široké škály jakostí materiálů včetně nerez a nástrojových ocelí, neželezných a lehkých kovů a to jak profilů tak plných polotovarů

Konstrukce: Pila je konstrukčně řešena tak, aby odpovídala extrémnímu namáhání ve výrobních podmínkách.

- Rameno pily je navrženo tak, aby byla zajištěna potřebná síla a přesnost řezání. Rameno skloněno o 25°, což zvyšuje životnost pásu. Rameno uloženo v předeprnutých a seřiditelných ložiskách.
- Čistící kartáč pro dokonalé očištění a funkci pilového pásu.
- Svěrák fixuje materiál před i za řezem. Konstrukčně upraven pro dosažení minimálního zbytku v automatickém režimu podávání. Svěrák je vyroben z litiny a čelisti zajišťují bezpečné upnutí materiálu. Hydraulicky ovládaný krátkozdihový svěrák uložen v seřiditelné rybinové drážce. Nastavení čelisti je manuální pomocí kolečka, trapézového šroubu.
- Podávací svěrák se pohybuje pomocí hydraulického válce po dvou broušených tyčích pomocí teflonových pouzder. Podavač posouvá řezaný materiál do hlavního svěráku vždy o délku, kterou zadá obsluha do ovládacího panelu. Pozice podavače je snímána pomocí elektromagnetického čidla a odměřovacího magnetického pásu. Uložení podávacího svěráku v podavači je plovoucí, což znamená, že se podávací svěrák volně pohybuje o několik mm ve směru kolmém na směr podávání. Pevná čelist podávacího svěráku tak kopíruje případnou křivost podávajícího materiálu a je eliminováno opotřebení mechanických součástí podavače. Pro precizní pozicování podavače stroj dojíždí do cílových poloh mikroposuvem. Upnutí materiálu v podávacím svěráku je indikováno mikropsínačem.
- Vedení pásu v karbidových deskách. Automatická regulace napětí pilového pásu. Mechanické napínání pilového pásu
- Pohon prostřednictvím šnekové převodovky s trvalou olejovou náplní. Třífázový motor s dvojitým vinutím s frekvenčním měničem pro plynulou regulaci rychlosti pásu 20-100 m/min. Robustní příruba s uložením hnací hřídele. Tepelná ochrana motoru.
- Chladicí systém na emulzi s rozvodem kapaliny do vodiček pilového pásu.
- Robustní podstavec se zásobníkem na třísky.
- Mikropsínač napětí pilového pásu a otevření krytu kladek.
- Ovládání 24 V
- Čelní panel je vybaven bezpečnostním tlačítkem pro zastavení pily a dalšími dvěma pro její zpuštění. Dále je zde umístěn regulátor posuvu a další tlačítka možných posuvů pily, které jsou potřebné pro ovládání nástroje „SAW MICRO“.
- Stroj vybaven hydraulickou centrálou, která ovládá veškeré funkce automatické pily. Tlačí rameno do řezu, zdvihání ramene, otevírání a zavírání hlavního i podávacího svěráku, posuv podavače.

Základní výbava stroje:










- skluz pro odříznutý,
- pilový pás,
- sada nářadí,
- návod k obsluze.

Ovládání: Pila automaticky upne materiál v hlavním svěráku a podavač se posune do procesorem určené polohy. Rameno se pohybuje do řezu, po uříznutí materiálu vyjede do horní polohy. Podavač se posune o konstantní přidanou délku a čelist podavače upne materiál. Hlavní svěrák se uvolní, podavač posune materiál na nulovou pozici. Hlavní svěrák upne, svěrák podavače se uvolní a celý cyklus se opakuje. Obsluha pouze zakládá polotovar a odebírá nařezaný materiál. Během řezání je možné upravovat rychlost pásu a řeznou rychlost ramene.

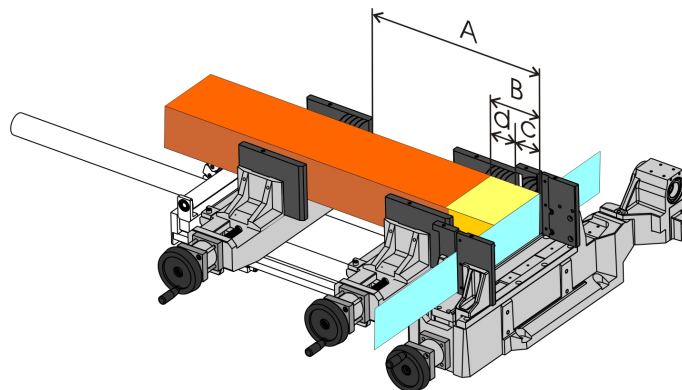
Zdroj: PEGAS-GONDA, s.r.o. 290x290 A-CNC-F [online]. 1. 9. 2012 Pegas-Gonda, s.r.o. [vid. 2014-03-22].

Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/pily_data/pdf/td/cz_290x290_a-cnc-f.pdf

Rezné parametry

					
	D [mm]	290	x	x	x
	D [mm]	180*	x	x	x
	axb [mm]	310x270	310x160	230x140	120x80 (200x10)
	axb [mm]	310x270	310x160	230x140	120x80 (200x10)

*doporučené hodnoty, + HP = rozměr omezený horním přítlakem



Nejmenší dělitelný průměr	5	mm
A: Maximální délka jednoho podání	500	mm
A: Minimální délka jednoho podání	3	mm
A: Maximální délka násobného podání	3200	mm
B: Nejmenší zbytek při automatickém řezu (c+d)	80+20*	mm

* d = doporučená minimální hodnota. Zákazník si hodnotu může změnit podle hmotnosti nebo jakosti povrchu řezaného materiálu.

Výkonnostní parametry

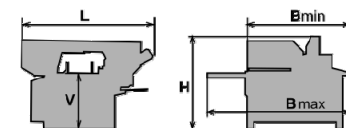
Pohon pilového pásu	kW	2,4
Pohon hydraulického agregátu	kW	0,85
Čerpadlo chladicí emulze	kW	0,09
Elektromotor pohonu šnek.vynašeče třísek	kW	0,12
Instalovaný výkon stroje Pi:	kW	3,7
Současný (celkový) příkon stroje Ps:	kW	6,55
Řezná rychlost – plynule nastavitelná	m/min	20-100
Rozměr pilového pásu	mm	3100x27x0,9
Elektrické zapojení		3x400V, 50 Hz

Pracovní pohyby

Posuv ramene do řezu	Hydraulicky		
Posuv materiálu	Hydraulicky		
Upínání materiálu	Hydraulicky		
Napínání pásu	Manuálně		
Čistění pilového pásu	Pasivní čistící kartáč		
Chlazení	Chladicí systém na emulzi s rozvodem kapaliny do vodítek pilového pásu.		
	Výkon [l/min]	16,0	Obsah nádrže [l]

Rozměry

Délka	Šířka		Výška		Výška stolu	Hmotnost
[L]	[Bmin]	[Bmax]	[Hmin]	[Hmax]	[V]	(kg)
2100	1650	2100	1550	2200	950	760



Zdroj: PEGAS-GONDA, s.r.o. 290x290 A-CNC-F [online]. 1. 9. 2012 Pegas-Gonda, s.r.o. [vid. 2014-03-22].

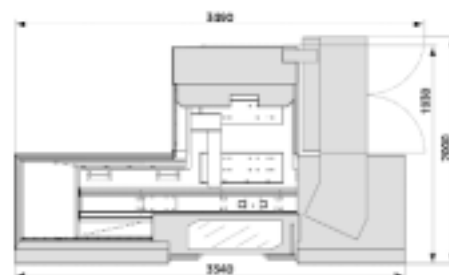
Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/pily_data/pdf/td/cz_290x290_a-cnc-f.pdf

Technická data EJ 29 silver

Příčná osa (osa X)	Max. dráha: 350 mm Rychlost: 0,001 – 10 m/min Rozlišení: 0,0001 mm
Podélná osa (osa Z)	Max. dráha: 1000 mm Rychlost: 0,001 – 12 (m/min) Rozlišení: 0,0001 mm Rozsah natáčení: + 8,5° / - 3,5°
Brousicí vřeteník pro vnější broušení	Výkon: 7,5 kW Průměr brousicího kotouče: 290 – 400 mm Šířka brousicího kotouče: 63 mm Obvodová rychlost: 45 m/s
Jednotka vnitřního broušení	Výkon: 1,5 kW Otvor pro upínání: Ř 80 Počet vnitřních vřeten: 2 varianty
Pracovní vřeteník	Otáčky: 0 – 1000 Upínací kužel: MK 5 Krouticí moment na vřetenu: 36 Nm Rozsah natočení: 0 – 90°
Koník	Namontován na stole, manuálně nastavitelný Zdvih pinoly: 30 mm, hydraulický Upínací kužel: MK 4
Garantovaná pracovní přesnost	Přímost povrchu: 0,001/100
Parametry připojení	Celkový jmenovitý příkon: 20 kVA Max. dovolené kolísání napětí: +/- 10 % Max. dovolené frekvenční kolísání: +/- 1 %
Rozměry	Hmotnost (zákl.vybavení): 7000 kg Délka x Šířka x Výška: 3340 x 2000 x 2050 mm

Erwin Junker Grinding
Technology Mělník Ltd.
Sokolovská 68/105
18600 Praha 8 - Karlín
Czech Republic

Phone: +420 2 24 89 06 10
Fax: +420 2 24 81 82 44
E-Mail: ej29silver@junker.cz
www.junker-group.com



Zdroj: JUNKER, GmbH. EJ29 silver [online]. Juner GmbH. [vid. 2014-03-24]. Dostupné z: <http://www.junker-group.de/cz/downloadportal/maschinen-prospekte.php23>

PŘÍLOHA 5 Systém značení nožů a VBD ISO

SYSTÉM ZNAČENÍ NOŽŮ ISO - VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SYSTÉM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VONKAJŠIE SÚSTRUŽENIE

1	2	3	4
Způsob upínání Spôsob upínania	Tvar destičky Tvar doštičky	Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia	Úhel hřbetu Uhol chrbta
<p>C </p> <p>D </p> <p>P </p> <p>M </p> <p>S </p> <p>X </p> <p>G </p>	<p>S </p> <p>C </p> <p>T </p> <p>D </p> <p>R </p> <p>K </p> <p>W </p> <p>V </p> <p>L </p> <p>X Speciál Špeciál</p>	<p>A </p> <p>B </p> <p>C </p> <p>D </p> <p>E </p> <p>F </p> <p>G </p> <p>H </p> <p>J </p> <p>K </p> <p>L </p> <p>M </p> <p>N </p> <p>P </p> <p>Q </p> <p>R </p> <p>S </p> <p>S </p> <p>T </p> <p>U </p> <p>V </p> <p>W </p> <p>X SPECIÁL SPECIÁL</p> <p>Y </p> <p>Z </p>	<p>N $\alpha_n=0^\circ$</p> <p>C $\alpha_n=7^\circ$</p> <p>P $\alpha_n=11^\circ$</p>
			5
			Směr řezu Smer rezu
			R
			L
			N

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	C	L	N	R	-	32	25	L	12	-	S

6	8	9
Výška držáku [mm] Výška držiaka [mm]	Celková délka Celková dĺžka	Velikost destičky Veľkosť doštičky
<p>08 10 12 16 20 25</p> <p>32 38 40 45 50 60</p>	<p>l_1 [mm]</p> <p>D 60</p> <p>E 70</p> <p>F 80</p> <p>H 100</p> <p>J 110</p> <p>K 125</p> <p>L 140</p> <p>M 150</p> <p>N 160</p> <p>P 170</p> <p>Q 180</p> <p>R 200</p> <p>S 250</p> <p>T 300</p> <p>U 350</p> <p>V 400</p> <p>W 450</p> <p>X Spec.</p> <p>Y 500</p>	<p>d [mm]</p> <p>S C E D V K W T R</p> <p>3,97 07</p> <p>6,00 06 07 11 06</p> <p>6,35 08 08 13</p> <p>7,94 09 09 11 16 19 06 16</p> <p>8,00 12 12 15 08 22 12</p> <p>9,525 15 16 27 15</p> <p>10,00 16</p> <p>12,00 19 19</p> <p>12,70 25 25</p> <p>15,875 38</p> <p>16,00</p> <p>19,05</p> <p>20,00</p> <p>25,00</p> <p>25,40</p> <p>38,10</p>
7		
Šířka držáku [mm] Šírka držiaka [mm]		
<p>08 10 12 16 20 25</p> <p>32 38 40 45 50 60</p>		
10		
Údaje výrobce Údaje výrobcu		
M Způsob upínání "S" s podložkou Spôsob upínania "S" s podložkou		
S Se seřizovacími šrouby S nastavovacími skrutkami		

SYSTÉM ZNAČENÍ NOŽŮ ISO - VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ
SYSTÉM ZNAČENIA NOŽOV ISO - VNÚTORNÉ SÚSTRUŽENIE

1	
Provedení držáku Prevedenie držiaka	
S	Ocelový držák Ocelový držiak
A	Ocelový držák s chladičím otvorem Ocelový držiak s chladičím otvorom

2				
Průměr držáku [mm] Priemer držiaka [mm]				
08	10	12	16	20
25	32	40	50	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	40	T	-	P	C	L	N	L	12
									X

3																																									
Celková délka Celková dĺžka																																									
	<table> <tr> <th></th><th>l₁ [mm]</th></tr> <tr><td>D</td><td>60</td></tr> <tr><td>E</td><td>70</td></tr> <tr><td>F</td><td>80</td></tr> <tr><td>H</td><td>100</td></tr> <tr><td>J</td><td>110</td></tr> <tr><td>K</td><td>125</td></tr> <tr><td>L</td><td>140</td></tr> <tr><td>M</td><td>150</td></tr> <tr><td>N</td><td>160</td></tr> <tr><td>P</td><td>170</td></tr> <tr><td>Q</td><td>180</td></tr> <tr><td>R</td><td>200</td></tr> <tr><td>S</td><td>250</td></tr> <tr><td>T</td><td>300</td></tr> <tr><td>U</td><td>350</td></tr> <tr><td>V</td><td>400</td></tr> <tr><td>W</td><td>450</td></tr> <tr><td>X</td><td>Spec.</td></tr> <tr><td>Y</td><td>500</td></tr> </table>		l ₁ [mm]	D	60	E	70	F	80	H	100	J	110	K	125	L	140	M	150	N	160	P	170	Q	180	R	200	S	250	T	300	U	350	V	400	W	450	X	Spec.	Y	500
	l ₁ [mm]																																								
D	60																																								
E	70																																								
F	80																																								
H	100																																								
J	110																																								
K	125																																								
L	140																																								
M	150																																								
N	160																																								
P	170																																								
Q	180																																								
R	200																																								
S	250																																								
T	300																																								
U	350																																								
V	400																																								
W	450																																								
X	Spec.																																								
Y	500																																								

4	
Způsob upínání Spôsob upínania	
C	
D	
P	
M	
S	
X	
G	

5	
Tvar destičky Tvar doštičky	
S	
T	
R	
W	
L	
C	
D	
K	
V	
X	Speciál Špeciál

6									
Tvar nože - úhel nastavení Tvar noža - uhol nastavenia									
A	B	C	D	D					
90°	75°	90°	45°						
E	F	G	H	J					
60°	90°	90°	107°30'	93°					
K	L	M	N	P					
75°	95°	50°	62°30'	117°30'					
Q	R	S	S	T					
107°30'	75°	45°		60°					
U	V	W	X	Y					
93°	72°30'	60°	SPECIÁL ŠPECIÁL	85°					
Z									
K									

7	
Úhel hřbetu Uhol chrbta	
N	C
alpha_n=0°	alpha_n=7°
P	
alpha_n=11°	

8	
Směr řezu Smer rezu	
R	
L	

9									
Velikost destičky Veľkosť doštičky									
d [mm]	S	C	E	D	V	K	W	T	R
3,97					07		02	06	
5,56			05					09	
6,00									06
6,35		06	06	07	11			11	
7,94		08	08		13				
8,00									08
9,525	09	09		11	16	19	06	16	
10,00									10
12,00									12
12,70	12	12		15			08	22	12
15,875	15	16						27	15
16,00									16
19,05	19	19							19
20,00									20
25,00									25
25,40	25	25							25

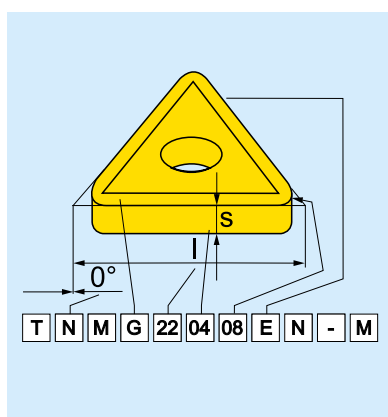
10	
Údaje výrobce Údaje výrobcu	
X	Speciální provedení stopky Špeciálne prevedenie stopky
.	
.	
87	Hodnota úhlu κ u nože tvaru "Z"
90	Hodnota uhlu κ pri noži tvaru "Z"
93	
.	
.	

ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITOVÝCH DESTIČEK
ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMENITELNÝCH REZNÝCH DOŠTIČEK

1			
Tvar destičky / Tvar doštičky			
H	O	P	R
S	T	C	D
E	M	V	W
L	A	B	K

2	
Úhel hřbetu / Uhol chrbta	
A	B
C	D
E	F
G	N
	Speciální Špeciálny
P	O

4	
Provedení / Prevedenie	
N	R
F	A
M	G
W	T
	Speciální Špeciálny
Q	X

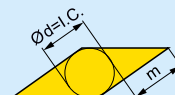
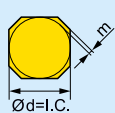
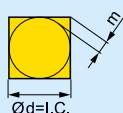
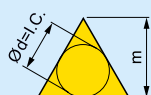


ISO kód










ANSI kód

1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G
1	2	3	4
T	N	U	N
T	N	M	G


3						
Tolerance / Tolerancia						
Označení / Označenie	Tolerance / Tolerancia [mm]			Tolerance / Tolerancia [Palce]		
	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)	m (±)	s (±)	d = I.C. (±)
A	0,005	0,025	0,025	0,0002	0,001	0,0010
F	0,005	0,025	0,013	0,0002	0,001	0,0005
C	0,013	0,025	0,025	0,0005	0,001	0,0010
H	0,013	0,025	0,013	0,0005	0,001	0,0005
E	0,025	0,025	0,025	0,0010	0,001	0,0010
G	0,025	0,130	0,025	0,0010	0,005	0,0010
J	0,005	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,0002	0,001	0,002 ÷ 0,005
K	0,013	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,0005	0,001	0,002 ÷ 0,005
L	0,025	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,0010	0,001	0,002 ÷ 0,005
M	0,08 ÷ 0,18	0,130	0,05 ÷ 0,13	0,003 ÷ 0,007	0,005	0,002 ÷ 0,005
N	0,08 ÷ 0,18	0,025	0,05 ÷ 0,13	0,003 ÷ 0,007	0,001	0,002 ÷ 0,005
U	0,05 ÷ 0,38	0,130	0,08 ÷ 0,25	0,005 ÷ 0,015	0,005	0,003 ÷ 0,010



ISO - SYSTÉM ZNAČENÍ VYMĚNITELNÝCH BŘITVÝCH DESTIČEK
ISO - SYSTÉM ZNAČENIA VYMENITELNÝCH REZNÝCH DOŠTIČEK

5										6		7				
Délka řezné hrany / Dĺžka reznej hrany										Tloušťka / Hrúbka		Rádus špičky / Rádus špičky				
d=I.C.		R	S	T	C	D	E	V	W			Označ.	r _ε			
mm	Palce												mm	Palce		
3,97	5/32"			06				07	02				00	0	0"	
5,00		05											02	0,2		
5,56	7/32"			09			05		03				04	0,4	1/64"	
6,00		06											08	08	1/32"	
6,35	1/4"			11	06	07			04				12	1,2	3/64"	
7,94					08		08	13					16	1,6	1/16"	
8,00		08											24	2,4	3/32"	
9,525	3/8"	09	09	16	09	11		16	06				32	3,2	1/8"	
10,0		10														
12,0		12														
12,7	1/2"	12	12	22	12	15			08							
15,875	5/8"	15	15	27	16											
16,0		16														
19,05	3/4"	19	19	33	19											
20,0		20														
25,0		25														
25,4	1"	25	25		25											
31,75	1 1/4"	31														
32,0		32														
38,1	1 1/2"		38													

Označ.		s	
	mm	Palce	
01	1,59	1/16"	
T1	1,98		
02	2,38	3/32"	
03	3,18	1/8"	
T3	3,97	5/32"	
04	4,76	3/16"	
05	5,56		
06	6,35	1/4"	
07	7,94	5/16"	
09	9,52	3/8"	

d=I.C.		Označ.	
Palce		00	
mm		M0	

5	6	7	8	9	10
22	04	08			
22	04	08	E	N	- M
5A	6A	7A	8	9	10
4	3	2			
4	3	2	E	N	- M

ANSI kód									
Vepsaná kružnice Vpísaná kružnica			Tloušťka Hrúbka			Rádus špičky Rádus špičky			
Označ.	d = I.C.		Označ.	mm	Palce	Označ.	mm	Palce	
1	3,175	1/8"	1	1,588	1/16"	0	0,050	1/512"	
(1.2)	3,969	5/32"	(1.2)	1,984	5/64"	(0.2)	0,099	1/256"	
(1.5)	4,763	3/16"	(1.5)	2,381	3/32"	(0.5)	0,198	1/128"	
(1.8)	5,556	7/32"	2	3,175	1/8"	1	0,397	1/64"	
2	6,350	1/4"	(2.5)	3,969	5/32"	2	0,794	1/32"	
(2.5)	7,938	5/16"	3	4,763	3/16"	3	1,191	3/64"	
3	9,525	3/8"	(3.5)	5,556	7/32"	4	1,588	1/16"	
4	12,700	1/2"	4	6,350	1/4"	5	1,984	5/64"	
5	15,875	5/8"	5	7,938	5/16"	6	2,381	3/32"	
6	19,050	3/4"	6	9,525	3/8"	7	2,778	7/64"	
7	22,225	7/8"	7	11,113	7/16"	8	3,175	1/8"	
8	25,400	1"	8	12,700	1/2"	10	3,969	5/32"	
10	31,750	1-1/4"	9	14,288	9/16"	12	4,763	3/16"	
			10	15,875	5/8"	14	5,556	7/32"	
						16	6,350	1/4"	
						x	ostatní		

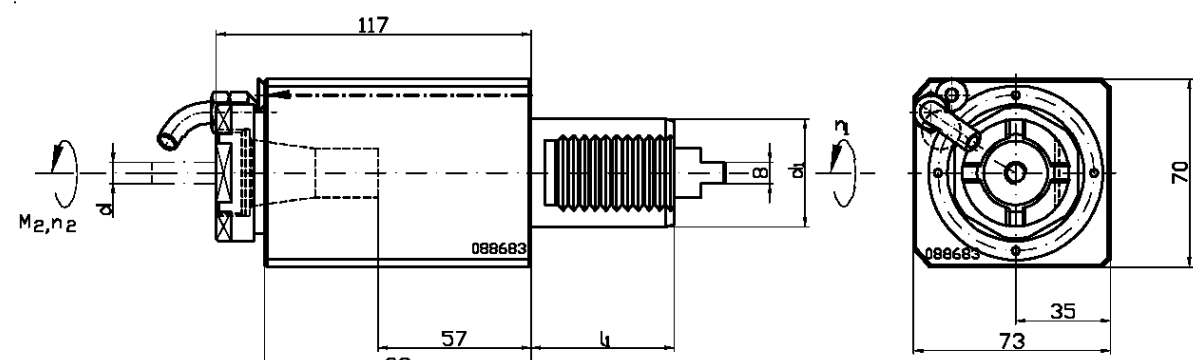
8		9		10	
Provedení řezné hrany / Prevedenie reznej hrany		Směr posuvu / Smer posuvu		Utvařec / Utvárač	
	Ostré hrany Ostré hrany		Zaoblené hrany Zaoblené hrany		
	Hrany s fazetkou Hrany s fazetkou		Zaoblené hrany s fazetkou Zaoblené hrany s fazetkou		
	Hrany s dvojitou fazetkou Hrany s dvojitou fazetkou		Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou Zaoblené hrany s dvojitou fazetkou		
9		10			
Směr posuvu / Smer posuvu		Utvařec / Utvárač			

PŘÍLOHA 6

Technické údaje poháněného držáku SAUTER 0.5.922.104-TY03

Zdroj: SAUTER, GmbH. SAUTER CAPTO [online]. Sauter Feinmechanik GmbH. [vid. 2014-03-25].

Dostupné z: <http://www.sauter-feinmechanik.com/en/capto.html>

Typenblatt		Spindelköpfe 0° Spannzangenaufnahme i = +1 (1:1) Kühlschmierstoffzuführung extern				0.5.922.104-TY03 d, e		
Data sheet		Spindle units 0°, shell end milling cutter, i = +1 (1:1) - coolant supply external and internal -						
								
Schaft shank		Drehmoment torque	Drehzahl tool speed	Leistung capacity	Übersetzung gear ratio	Werkzeug-Aufnahme tool location	Kupplung coupling	Bestell-Nr. ordering N°
DIN 69880								
d ₁ mm	l ₁ mm	M _{2max} Nm	n _{2max} min-1	P _{max} kW	i=n ₁ :n ₂	Aufnahme d location d		
40	53**	50	4000	10.0	+1,0	DIN 6499 - 32 2 - 20	DIN1809 - 08	0.5.922.104 - 088683
Erforderliche Schlüssel / Necessary Keys								1.5.921.090 - 105763
** nicht nach DIN 69 880 ** not acc. to DIN 69 880								
Änderungen vorbehalten subject to modification								
Ausgabe: 19.09.2003		SAUTER Feinmechanik GmbH D - 72555 Metzingen Germany				SAUTER		22.08.2003 sta

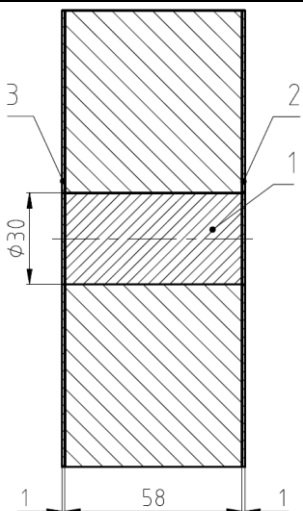
PŘÍLOHA 7

Výrobní postup (všechny délky v mm)

VUT BRNO ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: PŘÍRUBA	Číslo výkresu: 3-3P3-7/4.2
Datum: 24. 3. 2014		Vyhotožil : RADEK MARŠÁLEK		Polotovar : Ø 150x3000 ČSN 42 0138	Číslo listu: 1
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	
Orientační :	Třídící číslo :				
01/01	pásová pila PEGAS 290x290 A-CNC-F 05967	dělna	upnout tyč, řezat polotovar na délku 60±0,3		
02/02	OTK 09863	laboratoř	kontrolovat délku 60±0,3, četnost 5%	posuvné měřítko MITUTOYO 530-114	
03/03	univerzální hrotový soustruh TRENS SE 820 NUMERIC 04131	obrobna	upnout polotovar za Ø 150 (v délce 12), dorazit na čelo	univerzální sklíčidlo	
			vrtat průchozí díru v ose na Ø 30	vrták PRAMET 803D-30 VBD obvodová: SCET 09T308-UD, D9335 VBD středová: XPET 0903AP, D8345	
			zarovnat čelo na délku 59 na hotovo soustružit Ø 145 do délky 45 na hotovo hrubovat Ø 55 do délky 31 vč. přechodu 45° se zaoblením R8 s přídávkem 2 mm soustružit Ø 55 do délky 33 vč. přechodu 45° se zaoblením R8 a sražení hran 1x45° na Ø 145 a 0,3x45° na Ø 55 na hotovo	soustr. nůž vnější DCLNL 2525 M 12 VBD CNMG 120408E-M, T5315 VBD CNMG 120404E-FM, T9315	
			vrtat průchozí díry 6x Ø 10,5H12 na roztečné kr. Ø 118	vrták PRAMET 303DS-10,5-40-A12, SK	
			zhloubit díry 6x Ø 10,5H12 na Ø 18H14 do hloubky 7	válnový záhlubník GARANT 18x10,5 DIN 373, HSS	
			srazit hrany děr 6x Ø 10,5H12 na 0,3x45°	kuželový záhlubník GARANT 15 DIN 335-C, HSS	
			srazit hrany děr 6x Ø 18H14 na 0,3x45°	kuželový záhlubník GARANT 25 DIN 335-C, HSS	
			soustružit průchozí díru Ø 36 na hotovo soustružit díru Ø 40 do délky 10 včetně sražení hran 1x45° na Ø 40 a 1x45° na Ø 36 na hotovo	soustr. nůž vnitřní A20Q-SCLCL 09 VBD CCMT 09T304E-FM, T9315	
04/04	univerzální hrotový soustruh TRENS SE 820 NUMERIC 04131	obrobna	upnout za Ø 145, dorazit na čelo	univerzální sklíčidlo, speciální čelisti	
			zarovnat čelo na délku 58 na hotovo soustružit Ø 145 do délky 13,5 na hotovo hrubovat Ø 94h8 na Ø 95 do délky 9,5 soustružit Ø 94h8 do délky 10 včetně sražení hrany 1,5x45° na Ø 94h8 na hotovo soustružit čelo Ø 145/Ø 94h8 včetně sražení hrany 1,5x45° na Ø 145 na hotovo	soustr. nůž vnější DCLNL 2525 M 12 VBD CNMG 120408E-M, T5315 VBD CNMG 120404E-FM, T9315	
			hrubovat díru Ø 42H7 na Ø41,7 do délky 10 srazit vnitřní hranu 1,5x45° na 1,65x45° srazit vnitřní hranu 1x45° na Ø 36	soustr. nůž vnitřní A20Q-SCLCL 09 VBD CCMT 09T304E-FM, T9315	
05/05	pračka 26345	obrobna	srazit hrany děr 6x Ø 10,5H12 na 0,3x45°	kuželový záhlubník 15 DIN 335-C	
			odmastit		
06/06	OTK 09863	laboratoř	kontrolovat Ø 94h8 a délku osazení 10 kontrolovat Ø 55, Ø 40 a délku 58 četnost 10%	mezni třmenový kalibr Ø 94h8 DIN 2230 posuvné měřítko MITUTOYO 530-114	
07/07	bruska vodorovná hrotová JUNKER EJ29 05511	obrobna	upnout za Ø 94h8, dorazit na čelo brousit díru Ø 42H7	brousicí tělisko TYROLIT 59 5034 32x32x10, A	
08/08	pračka 26345	obrobna	odmastit		
09/09	OTK 09863	laboratoř	kontrolovat Ø 45H7, četnost 100% kontrolovat drsnost Ra 0,8 na Ø 45H7, četnost 10%	mezni kalibrační trn Ø 45H7 DIN 2245 drsnoměr SUFTEST SV-2100M3	
10/10	expedice 09913	sklad	konzervovat, balit, skládat do palet		

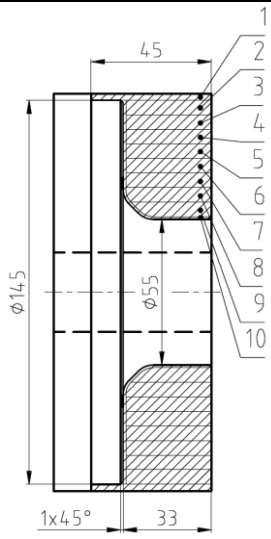
PŘÍLOHA 8
Návodky pro podélné soustružení

Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03, 04/04
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 1

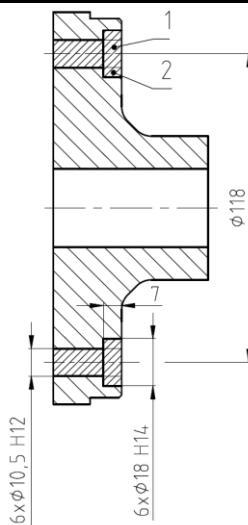


Záběr, nástroj:	v_c	n	f	a_p	L	t_{AS}
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
1. vrtání, T4	230	2445	0,16	-	60	0,17
2. zarovnání čela, T1	310	-	0,22	1	79	0,27
3. zarovnání čela, T1	310	-	0,22	1	79	0,27
celkem:					218	0,7

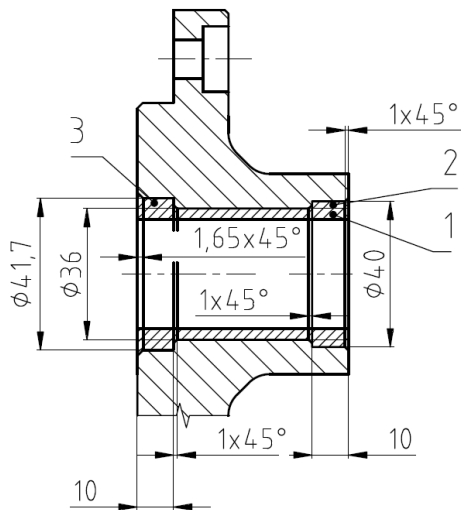
Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 2



Záběr, nástroj:	v_c	n	f	a_p	L	t_{AS}
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
1. hrubování, T1	250	535	0,5	2,5	47	0,18
2. hrubování, T1	225	495	0,5	5,5	33	0,13
3. hrubování, T1	225	535	0,5	5,5	33	0,12
4. hrubování, T1	225	585	0,5	5,5	33	0,11
5. hrubování, T1	225	640	0,5	5,5	33	0,10
6. hrubování, T1	225	710	0,5	5,5	33	0,09
7. hrubování, T1	225	800	0,5	5,5	33	0,08
8. hrubování, T1	225	910	0,5	5,5	31	0,07
9. hrubování, T1	225	1055	0,5	3,5	26	0,05
10a. dokončování, T2	340	1805	0,15	2	33	0,12
10b. dokončování, T2	340	-	0,15	2	47	0,28
11. sražení hrany Ø 55, T2	340	1970	0,15	0,2	2,43	0,01
12. sražení hrany Ø 145, T2	340	750	0,15	0,7	3,4	0,03
celkem:					387,83	1,38

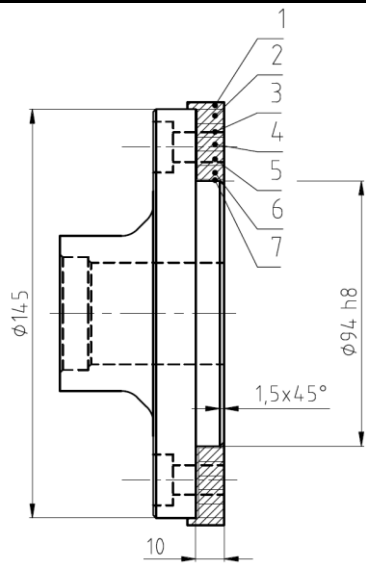
Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03, 04/04					
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 3					
<div></div>							
Záběr, nástroj:	v_c	n	f	a_p	L	t_{As}	
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	
	1. vrtání 6x, T5	85	2580	0,2	-	36	0,42
	2. zahlubování 6x, T6	27	480	0,14	-	12	1,07
	3. sražení hran Ø 10,5 12x, T8	27	575	0,06	0,3	2,3	0,80
	4. sražení hran Ø 18 6x, T7	27	375	0,09	0,3	2,3	0,41
celkem:					52,6	2,70	

Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03, 04/04
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 4



Záběr, nástroj:	v_c	n	f	a_p	L	t_{As}
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
1. hrubování, T3	200	2125	0,3	3	62	0,10
2. dokončování, T3	240	2125	0,15	2	10	0,03
3. hrubování, T3	200	1770	0,3	2,85	12	0,02
4. sražení hran 2x Ø 36, T3	240	2125	0,15	0,7	2,4	0,02
5. sražení hrany Ø 40, T3	240	1910	0,15	0,7	2,4	0,01
6. sražení hrany Ø 41.7, T3	200	1530	0,3	1,2	4,3	0,01
celkem:					93,1	0,19

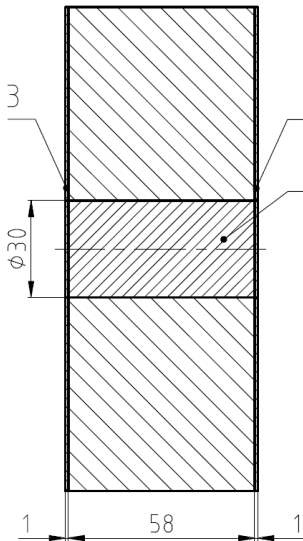
Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 04/04
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 5



Záběr, nástroj:	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]
1. hrubování, T1	250	535	0,5	2,5	17	0,06
2. hrubování, T1	210	465	0,5	5	11	0,05
3. hrubování, T1	210	500	0,5	5	11	0,04
4. hrubování, T1	210	535	0,5	5	11	0,04
5. hrubování, T1	210	585	0,5	5	11	0,04
6. hrubování, T1	210	640	0,5	5	11	0,03
7a. dokončování, T2	340	1140	0,1	0,5	10	0,09
7b. dokončování, T2	300	-	0,1	0,5	27	0,32
8. sražení hrany Ø 94, T2	340	1155	0,1	1	4,1	0,04
9. sražení hrany Ø 145, T2	340	750	0,1	0,2	2,43	0,03
celkem:					115,53	0,74

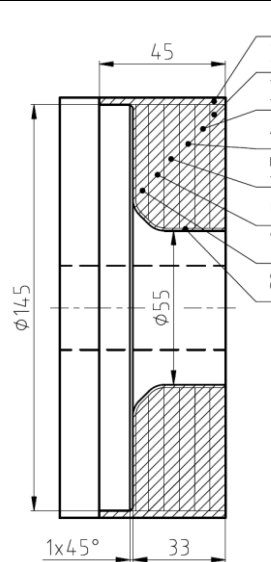
PŘÍLOHA 9
Návodky pro příčné soustružení

Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03, 04/04
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 1

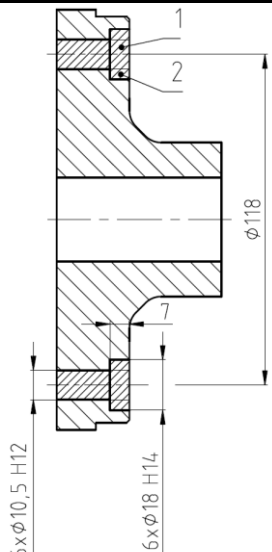


Záběr, nástroj:	v_c	n	f	a_p	L	t_{AS}
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
1. vrtání, T4	230	2445	0,16	-	60	0,17
2. zarovnání čela, T1	310	-	0,22	1	79	0,27
3. zarovnání čela, T1	310	-	0,22	1	79	0,27
celkem:					218	0,7

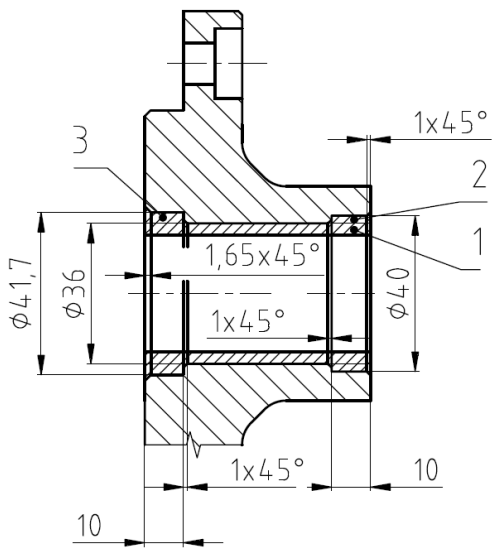
Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 2



Záběr, nástroj:	v _c	n	f	a _p	L	t _{AS}
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
1. hrubování, T1	250	535	0,5	2,5	47	0,18
2. hrubování, T1	225	-	0,5	5,5	47	0,13
3. hrubování, T1	225	-	0,5	5,5	47	0,13
4. hrubování, T1	225	-	0,5	5,5	47	0,13
5. hrubování, T1	225	-	0,5	5,5	47	0,13
6. hrubování, T1	225	-	0,5	5,5	43	0,13
7. hrubování, T1	225	-	0,5	3,5	36	0,11
8a. dokončování, T2	340	1805	0,15	2	33	0,12
8b. dokončování, T2	340	-	0,15	2	47	0,28
9. sražení hrany Ø 55, T2	340	1970	0,15	0,2	2,43	0,01
10. sražení hrany Ø 145, T2	340	750	0,15	0,7	3,4	0,03
celkem:					399.83	1.37

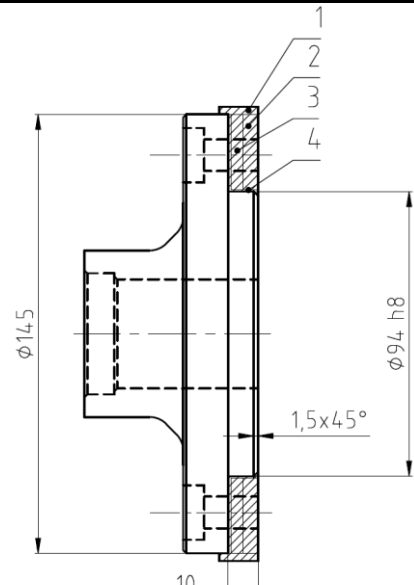
Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03, 04/04				
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 3				
						
Záběr, nástroj:	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{As} [min]
1. vrtání 6x, T5	85	2580	0,2	-	36	0,42
2. zahlubování 6x, T6	27	480	0,14	-	12	1,07
3. sražení hran Ø 10,5 12x, T8	27	575	0,06	0,3	2,3	0,80
4. sražení hran Ø 18 6x, T7	27	375	0,09	0,3	2,3	0,41
celkem:					52,6	2,70

Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 03/03, 04/04
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 4



Záběr, nástroj:	v_c [m.min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	f [mm]	a_p [mm]	L [mm]	t_{AS} [min]
1. hrubování, T3	200	2125	0,3	3	62	0,10
2. dokončování, T3	240	2125	0,15	2	10	0,03
3. hrubování, T3	200	1770	0,3	2,85	12	0,02
4. sražení hran 2x Ø36, T3	240	2125	0,15	0,7	2,4	0,02
5. sražení hrany Ø 40, T3	240	1910	0,15	0,7	2,4	0,01
6. sražení hrany Ø 41,7, T3	200	1530	0,3	1,2	4,3	0,01
celkem:					93,1	0,19

Navrhl: Radek Maršálek	Stroj:	Operace: 04/04
Schválil:	TRENS SE 820 NUMERIC	Číslo návodky: 5



Záběr, nástroj:	v _c	n	f	a _p	L	t _{AS}
	[m.min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
1. hrubování, T1	250	535	0,5	2,5	17	0,06
2. hrubování, T1	210	-	0,5	5	27	0,10
3. hrubování, T1	210	-	0,5	4,5	27	0,10
4a. dokončování, T2	340	1140	0,1	0,5	10	0,09
4b. dokončování, T2	300	-	0,1	0,5	27	0,32
5. sražení hrany Ø 94, T2	340	1155	0,1	1	4,1	0,04
6. sražení hrany Ø 145, T2	340	750	0,1	0,2	2,43	0,03
celkem:					114,53	0,74

PŘÍLOHA 10

NC program pro výrobu součásti

```
;SOUSTRUZENI PRAVE STRANY, MAT. 11416.1, POL. 150X60
N10 WORKPIECE(,,"CYLINDER",0,1,-60,-48,150)
N20 G90 G54 DIAMON G95 G71 G18
N30 T="4"
N40 G97 S2445 M3
N50 G0 X0 Z4
N60 G1 Z-63 F0.16
N70 G0 Z3
N80 M5
N90 G0 X160 Z10
N100 T="1"
N110 LIMS=2500 G96 S310 M4
N120 G0 X152
N130 Z0
N140 G1 X27 F0.22
N150 G1 Z1
N160 G96 S225 LIMS=2500 M4
N170 CYCLE62("KONTURAP",1,,)
N180
CYCLE952("KONTURAP",,"",2203112,0.5,0,0,5.5,0.1,0.1,2,2,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,1
2,1100100,1,0,0,1)
N190 G0 Z10
N200 T="2"
N210 LIMS=2500 G96 S340 M4
N220
CYCLE952("KONTURAP",,"",2201321,0.15,0,0,5.5,0.1,0.1,2,2,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,,0,1,,0,
12,1100100,1,0,0,1)
N230 T="3"
N240 M4 S2125
N250 G0 Z2
N260 X36
N270 G1 Z-61 F0.3
N280 X34
N290 G0 Z-12
N300 G1 X38 Z-10
N310 X40
N320 Z-1
N330 X42 Z0
N340 Z2
N350 M5
N360 G0 X200 Z10
N370 T="5"
N380 G0 X118
N390 SETMS(3)
N400 S3=2000 M3=3 F0.2
N410 SPOS[1]=0
N420 CYCLE82(-31,-33,1,,32,0,0,1,11)
N430 SPOS[1]=60
N440 CYCLE82(-31,-33,1,,32,0,0,1,11)
N450 SPOS[1]=120
N460 CYCLE82(-31,-33,1,,32,0,0,1,11)
N470 SPOS[1]=180
N480 CYCLE82(-31,-33,1,,32,0,0,1,11)
```

N490 SPOS[1]=240
N500 CYCLE82(-31,-33,1,,32,0,0,1,11)
N510 SPOS[1]=300
N520 CYCLE82(-31,-33,1,,32,0,0,1,11)
N530 G0 Z100
N540 T="6"
N550 G0 Z-30
N560 SETMS(3)
N570 S3=480 M3=3 F0.14
N580 CYCLE82(-31,-33,1,,7,0,0,1,11)
N590 SPOS[1]=0
N600 CYCLE82(-31,-33,1,,7,0,0,1,11)
N610 SPOS[1]=60
N620 CYCLE82(-31,-33,1,,7,0,0,1,11)
N630 SPOS[1]=120
N640 CYCLE82(-31,-33,1,,7,0,0,1,11)
N650 SPOS[1]=180
N660 CYCLE82(-31,-33,1,,7,0,0,1,11)
N670 SPOS[1]=240
N680 CYCLE82(-31,-33,1,,7,0,0,1,11)
N690 G0 Z100
N700 T="7"
N710 G0 Z-30
N720 SETMS(3)
N730 S3=375 M3=3 F0.09
N740 CYCLE82(-31,-33,1,,9.3,0,0,1,11)
N750 SPOS[1]=300
N760 CYCLE82(-31,-33,1,,9.3,0,0,1,11)
N770 SPOS[1]=0
N780 CYCLE82(-31,-33,1,,9.3,0,0,1,11)
N790 SPOS[1]=60
N800 CYCLE82(-31,-33,1,,9.3,0,0,1,11)
N810 SPOS[1]=120
N820 CYCLE82(-31,-33,1,,9.3,0,0,1,11)
N830 SPOS[1]=180
N840 CYCLE82(-31,-33,1,,9.3,0,0,1,11)
N850 G0 Z100
N860 T="8"
N870 G0 Z-30
N880 SETMS(3)
N890 S3=575 M3=3 F0.06
N900 CYCLE82(-31,-40,1,,5.6,0,0,1,11)
N910 SPOS[1]=240
N920 CYCLE82(-31,-40,1,,5.6,0,0,1,11)
N930 SPOS[1]=300
N940 CYCLE82(-31,-40,1,,5.6,0,0,1,11)
N950 SPOS[1]=60
N960 CYCLE82(-31,-40,1,,5.6,0,0,1,11)
N970 SPOS[1]=120
N980 CYCLE82(-31,-40,1,,5.6,0,0,1,11)
N990 SPOS[1]=180
N1000 CYCLE82(-31,-40,1,,5.6,0,0,1,11)
N1010 G0 X200 Z100
N1020 M30

;SOUSTRUZENI LEVE STRANY, MAT. 11416.1, POL. 150X60
N10 WORKPIECE(,,"CYLINDER",0,1,-59,-16,150)
N20 G90 G54 DIAMON G95 G71 G18
N30 T="1"
N40 LIMS=2500 G96 S310 M4
N50 G0 X152
N60 Z0
N70 G1 X33 F0.22
N80 G1 Z1
N90 LIMS=2500 G96 S210 M4
N100 CYCLE62("KONTURAL",1,,)
N110CYCLE952("KONTURAL",,"",2203112,0.5,0,0,5,0.1,0.1,0.5,0.5,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,
0,1,,0,12,1100100,1,0,0.1)
N120 G0 Z10
N130 T="2"
N140 LIMS=2500 G96 S320 M4
N150CYCLE952("KONTURAL",,"",2201321,0.1,0,0,5,0.1,0.1,0.5,0.5,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,,
0,1,,0,12,1100100,1,0,0.1)
N160 G0 Z10
N170 T="3"
N180 M4 S1770
N190 G0 Z1
N200 X47
N210 G1 X41.7 Z-1.65 F0.3
N220 Z-10
N230 X38
N240 X35 Z-11.5
N250 G0 Z10
N260 X200
N270 T="8"
N280 SETMS(3)
N290 S3=575 M3=3 F0.06
N300 SPOS[1]=0
N310 G0 X118 Z-8
N320 CYCLE82(-8,-13,1,,2.5,0,0,1,11)
N330 SPOS[1]=60
N340 CYCLE82(-8,-13,1,,2.5,0,0,1,11)
N350 SPOS[1]=120
N360 CYCLE82(-8,-13,1,,2.5,0,0,1,11)
N370 SPOS[1]=180
N380 CYCLE82(-8,-13,1,,2.5,0,0,1,11)
N390 SPOS[1]=240
N400 CYCLE82(-8,-13,1,,2.5,0,0,1,11)
N410 SPOS[1]=300
N420 CYCLE82(-8,-13,1,,2.5,0,0,1,11)
N430 X200 Z200
N440 M30

Podprogamy

```
;PODPROGRAM PRAVA STRANA
E_LAB_A_KONTURAP: ;#SM Z:5
;#7__DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G18 G90 DIAM90;*GP*
G0 Z0 X54.4 ;*GP*
G1 Z-.3 X55 ;*GP*
Z-25 RND=8 ;*GP*
Z-33 X71 RND=8 ;*GP*
X145 CHR=1 ;*GP*
Z-45 ;*GP*
X152 ;*GP*
;CON,V64,2,0.0000,6,6,MST:3,2,AX:Z,X,K,I,TRANS:0;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:0,EY:54.4,ASE:90;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-.3,EY:55;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-25;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:8;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-33,EY:71;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:8;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:145;*GP*;*RO*;*HD*
;F,LFASE:1;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-45;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:152;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_KONTURAP:
```

```
;PODPROGRAM LEVA STRANA
E_LAB_A_KONTURAL: ;#SM Z:4
;#7__DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G18 G90 DIAM90;*GP*
G0 Z0 X91 ;*GP*
G1 Z-1.5 X94 ;*GP*
Z-10 ;*GP*
X145 CHR=.3 ;*GP*
Z-13.5 ;*GP*
X152 ;*GP*
;CON,V64,2,0.0000,5,5,MST:3,2,AX:Z,X,K,I,TRANS:0;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:0,EY:91,ASE:90;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-1.5,EY:94;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-10;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:145;*GP*;*RO*;*HD*
;F,LFASE:.3;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-13.5;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:152;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_KONTURAL:
```